DTU Bibliotek

Denne fil er downloadet fra

Danmarks Tekniske Kulturarv

www.tekniskkulturarv.dk

Danmarks Tekniske Kulturarv drives af DTU Bibliotek og indeholder scannede bøger og fotografier fra bibliotekets historiske samling.

Rettigheder

Du kan læse mere om, hvordan du må bruge filen, på *www.tekniskkulturarv.dk/about*

Er du i tvivl om brug af værker, bøger, fotografier og tekster fra siden, er du velkommen til at sende en mail til *tekniskkulturarv@dtu.dk*

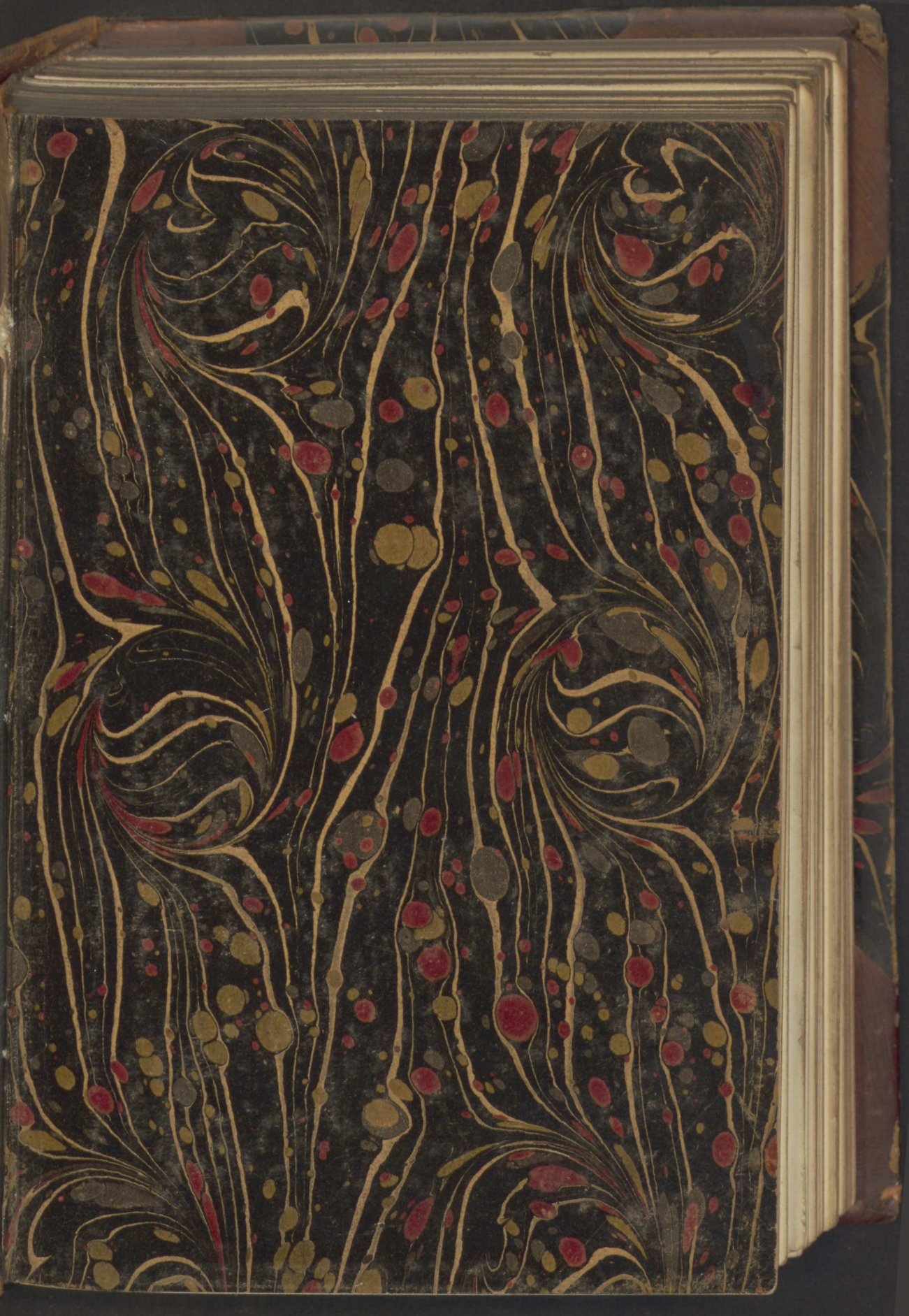
FR. WEIS.

LIVET
OG
DETS LOVE.

I. II.

5772


Denne Bog
tilhører
Industriforeningen
i
Kjøbenhavn



46

5772

90-79

LIVET OG DETS LOVE

90-79

LIVET

OG DETS LOVE

EN FREMSTILLING AF

DEN ALMINDELIGE BIOLOGI

AF

DR. FR. WEIS
PROFESSOR VED DEN KGL. VETERINÆR- OG LANDBOHØJSKOLE

MED 183 AFBILDNINGER

G. E. C. GADS FORLAG — KJØBENHAVN 1911

Copyright 1911
by
Prof. Dr. Fr. Weis
Copenhagen

TRYKT HOS NIELSEN & LYDICHE (AXEL SIMMELKIÆR)

FORORD.

Oprindelsen til nærværende Bog er en Række Forelæsninger over almindelig Biologi, jeg i Vinteren 1907—08 holdt paa Kjøbenhavns Universitet, og som nærmest var beregnede for Studerende, der ikke ellers har Biologi som Fag. Senere blev de gentagne i samme Form i Industriforeningen i Kjøbenhavn, og efter Opfordring fra flere Sider besluttede jeg mig derefter til at udgive dem i Bogform.

Under den skriftlige Udarbejdelse af dem ændrede min oprindelige Plan sig dog noget. I Stedet for at følge Forelæsningens bredere Form valgte jeg at gøre Fremstillingen mere koncentreret og rig paa Enkeltheder, men da ogsaa at medtage Æmner, der ikke eller kun meget kort havde været behandlede i Forelæsningerne, idet jeg nu tilstræbte at give en Oversigt over alle de vigtigere Spørgsmaal, der i Øjeblikket kan ses under almindelige biologiske Synsvinkler, og at paavise de mere omfattende fælles Love, der gælder i hele den levende Natur.

Denne Opgave var imidlertid adskilligt vanskeligere, end jeg straks kunde overse, baade fordi Stoffet da maattet hentes foruden fra vidt forskellige Omraader af Naturvidenskaberne tillige fra Fag som Toksikologi, Patologi, Filosofi, Sociologi m. fl., og fordi Størstedelen af det ikke før havde været Genstand for en lignende sammenfattende Bearbejdelse. Dette er da Grunden til, at Bogens Udgivelse (i Hefter) har strakt sig over hele 3 Aar. Og naar den ogsaa derfor er bleven en Del større end oprindelig planlagt,

føler jeg Trang til at gøre Subskribenterne en Undskyldning herfor. Til Gengæld mener jeg da, at min Bog vil give adskilligt mere, end jeg havde lovet, og at den vil kunne gøre saa meget større Nytte for en bredere Læsekreds. Vel ved jeg, at ikke alle Partier af den er lige let tilgængelige for dem, der møder uden større naturvidenskabelige Forudsætninger; men da hvert Afsnit er ret selvstændigt og ikke kræver en omhyggelig Tilegnelse af det foregaaende for at blive forstaaet, skulde saavel den ene som den anden kunne faa noget Udbytte af at læse Bogen eller Dele af den. Det er bl. a. mit Haab, at den skulde kunne være en god Hjælp for Lærere i Biologi ved højere Skoler, baade fordi den indeholder et nyt Program for Undervisningen i dette vigtige Fag, og fordi den giver en Række positive Oplysninger om Spørgsmaal, som det ikke altid er saa let paa egen Haand at samle fra de meget spredte Kilder.

For ikke at risikere at gøre mig skyldig i væsentlige Fejltagelser ved Behandlingen af det meget omfattende og forskelligartede Materiale, har jeg ladet særligt Sagkyndige se næsten alle Bogens Afsnit igennem (enten i Manuskript eller i Korrektur), før de gik i Trykken. Foruden Professor, Dr. phil. Fr. Kølpin Ravn, der har læst en Korrektur paa hele Værket og gennemset mit Manuskript til Afsnittet om Arvelighed og Udvikling, har saaledes Professor, Dr. med V. Henriques gennemset alle Afsnit, der behandler dyrefysiologiske Spørgsmaal, Professor, Dr. med. S. Paulli, hvad der vedrører Dyreanatomi, Forplantning og Fosterudvikling, og følgende Herrer har velvilligst gennemset de Afsnit, der anføres i Parentes efter deres Navne: Docent Martin Knudsen og Dr. Gunni Busck (Lys og andre Straaler), Professor, Dr. phil. Odin T. Christensen (Adhæsion, Absorption, Diffusion og Osmose), Laboratorieforstander Harald R. Christensen (Jordbunden), Professor C. H. Hansen (Gifte), Dr. phil. Adam Bøving (Organismernes indbyrdes Forhold, Arvelighed og Udvikling), Musæumsinspektør, Dr. phil. C. H. Ostenfeld (Organismernes geografiske Udbredelse og Fordeling paa Jorden, Forplantning og Fosterudvik-

ling), Professor, Dr. phil. ORLA JENSEN (Gæringer) og Professor, Dr. phil., jur., sc. & lit. HARALD HØFFDING (Bevægelser, Sansning og Sjæleliv). Med flere andre, som Docent, Dr. phil. JOHN AF KLERCKER, Dr. med. VILH. JENSEN, Laboratorieforstander, Dr. med. K. A. HASSELBALCH og Musæumsbestyrer, Dr. phil. AUG. BRINCHMANN, har jeg om forskellige Spørgsmaal haft mundtlige Drøftelser, der har været mig til stor Nytte.

Professorerne EUG. WARMING, W. JOHANNSEN, C. RAUNKLÆR, ODIN CHRISTENSEN, J. E. V. BOAS og V. HENRIQUES samt Docent, Dr. AUG. KROGH, Mag. sc. OVE PAULSEN, Laboratorieforstander, Dr. phil. JOHS. SCHMIDT og Boghandler HERMAN LYNGE har velvilligst overladt mig Billeder eller Clichéer til Afbenyttelse, Arkitekt P. V. JENSEN KLINT har tegnet Kurverne paa Fig. 84 for mig, og endelig har Docent, Dr. phil. THORILD WULFF med stor Omhu og Offer af Tid læst Korrektur paa en svensk Udgave, der udkommer samtidig paa HUGO GEBERS FORLAG i Stockholm.

Jeg beder da alle disse Herrer modtage min hjertelige Tak.

Kjøbenhavn, i November 1911.

FR. WEIS.

TRYKFEJL OG RETTELSER.

Side 58. I Forklaringen til Fig. 38: »bagfra«, læs »forfra«.
— 86, L. 8—9 f. o. »Magnesia«, læs »Magnium«.
— 107, L. 1 f. o. »Vægt«, læs »Tørvægt«.
— 108, L. 7 f. n. »*sanguineus*«, læs »*anguineus*«.
— 112, L. 18 f. o. »50«, læs »150«.
— 112. I Forklaringen til Fig. 74: »paa«, læs »i«.
— 114, L. 14 f. n. »altid«, læs »f. Eks. ofte«.
— 115, L. 3 f. o. »Saltvandsopløsninger«, læs »Saltopløsninger«.
— 128, L. 8 f. o. »der« udgaar.
— 187, L. 15 f. o. »griber forstyrrende ind«, læs »griber regulerende og forstyrrende ind«.
— 194. Efter L. 17 f. o. tilføjes: »Den 12. Aug. 1909 naaede MINA og PIACENZA i Ballon fra Turin en Højde af c. 12100 Meter«.
— 195, L. 8 f. o. »8340«, læs »9644«.
— 195, L. 9 f. o »834...835«, læs »964...965«,
— 265, L. 17 f. o. »(Immunitet), læs »(aktiv Immunitet)«.
— 266, L. 18 f. n. Mellem »Hypotese« og »sædvanlig« indskydes »gaar«.
— 316, L. 1 f. o. »udskadelige«, læs »uskadelige«.
— 327, L. 10 f. n. »Variation«, læs »Udvikling«.
— 475, L. 7 f. o. »1006«, læs »1906«.
— 486, L. 17 f. o. Efter »gram« indskydes »Vand«.
— 486, Noten. Efter »lille Kalorie« indskydes »eller Gram-Kalorie«.
— 536. I Forklaringen til Fig. 145: »Tyngdepunkter«, læs »Trykpunkter«.

128 L. 3 f. o.: „47" læs „46"

INDHOLD.

I.

Indledning.

Side

1. **Biologi** 3
2. **Livløst og levende** 5
3. **Historisk Oversigt over Opfattelsen af det levende.**
   Vitalisme. Materialisme. Ny-Vitalisme. Teleologi 10
4. **Livets Særkendemærker og Døden. Det latente Liv** 19

II.

De almindelige Livsbetingelser.

Livskrav og Livskaar 35

A. Det materielle Grundlag for og Rammerne om Livet 37

1. **Organismernes elementære Bygning** 37
   Cellen 39
   Grundtræk af Dyrenes og Planternes anatomiske Bygning 52
   Højere Dyr 53
   Højere Planter 62
2. **Livsenheder. Individbegrebet** 71
3. **Evolutionen** 77

B. Omverdenens Indflydelse. Kampen for Tilværelsen 83

1. **Næringsstoffer. Ilt og Vand** 83
   Næringskrav 84
   De grønne Planter 85
   Næringsstoffernes Kredsløb i Naturen 90
   De heterotrofe Organismer 96
   Vandet 99
   Den frie Ilt 100
   Næringsstoffernes Mængde. Overflod og Næringsmangel 102
   Vandets Mængde og Fordeling 110

Side

2. **Varme** ... 123
De almindelige Temperaturkrav ... 130
Modstandskraft mod lave og høje Temperaturer ... 136
Lave Temperaturer ... 136
Høje Temperaturer ... 140

3. **Lys og andre Straaler** ... 143
Om Lysets Natur og Straaleenergi i det hele taget ... 145
Lyskilder ... 151
Røntgenstraaler ... 152
Radiumstraaler ... 153
Biologiske Virkninger ... 153
Organismernes Lysbehov ... 156
Elektriske Strømmes Betydning ... 160
Særlige Straalevirkninger. Kampen mod Lyset ... 165
Røntgen- og Radiumstraalernes Indvirkning ... 182
Elektricitetens skadelige Virkninger paa Organismerne ... 183

4. **Mekaniske Kræfter** ... 187
Tyngde og ydre Tryk ... 189
Jordens Tiltrækning (Tyngden) ... 189
Lufttryk ... 191
Vandtryk ... 195
Adhæsion, Absorption, Diffusion og Osmose ... 197
Adhæsion ... 197
Absorption ... 200
Diffusion og Osmose ... 201
Bevægelser fremkaldte ved Tilstandsændringer ... 204
A. Ved Ændringer i Stoffernes, særlig Vandets, Tilstandsform ... 204
B. Ved Vægtfylde- og Rumfangsforandringer ... 207
Luftstrømninger og Vinde ... 207
Bølgeslag og Brændinger ... 213
Havstrømme ... 214
Tilfældige Beskadigelser ... 215
Organismers mekaniske Indvirkning paa hinanden ... 215

5. **Omgivelsernes stoflige Beskaffenhed. Gifte** ... 216
Luften ... 217
Vandet ... 221
Jordbunden ... 227
Jordbundens Egenskaber ... 229
Jordbundsformer ... 238
Jordbundens Stofskifte ... 243
Gifte ... 245
Giftbegrebet ... 247
Giftstoffers Forekomst og Dannelse ... 248
Giftvirkninger ... 251
Teorier til Forklaring af Giftvirkninger ... 261

Side

6. **Det indbyrdes Forhold mellem Organismerne** 270
Gensidig Hjælp 277
Sammenslutning mellem flere Individer af samme Art 277
Samvirken mellem selvstændige Individer af forskellige Arter ... 283
Symbioser 289
Ensidig Hjælp 293
Omsorg for Afkommet 294
Ufrivillig Hjælp 297
Kampforhold 299
Parringskampe 301
Kampe om Næring, Plads og Lys 303
Rovdyr og deres Bytte 305
Kampe mellem Dyr og Planter 307
Snylteliv (Parasitisme) 312
7. **Organismernes geografiske Udbredelse og Fordeling paa Jorden** 325
Landjordens Organismer 333
Flora- og Faunariger 338
Biogeografiske Zoner og Højderegioner 340
Livsformernes Fordeling som Udtryk for Klimaet 343
Lokale Variationer. Samfund og Formationer 353
Vandenes, særlig Havets, Organismer 362
De almindelige Livsbetingelser i Vandet 364
Sammenligning mellem de ferske og de salte Vandes Organismer 367
Livsformer og Samfund 369
Plankton 370
Benthos 379
Havets Stofskifte og Økonomi 387
8. **Tilbageblik paa Kampen for Tilværelsen** 394

III.

De fundamentale Livsytringer.

1. **Orienterende Bemærkninger** 401
2. **Ernæringsvirksomhed** 408
Næringsoptagelse i Almindelighed 410
Enzymer 412
Næringsstoffer 416
Antotrof Ernæring. Kulsyreassimilation 417
Heterotrof Ernæring. Fordøjelse og Resorption 425
Transporten af de optagne Næringsstoffer 434
Blodet 436
Lymfen 438
3. **Stof- og Energiskifte. Assimilation og Dissimilation. Sekretion og Ekskretion** 439
Bygningsstofskifte. Assimilation 441
Aflejring af Reservestoffer 449

Side

Udskillelsen og Dannelsen af nyttige Sekreter 451
Transpiration 452
Mælkesekretion 455
Energiproduktion ved Stofnedbrydning. Dissimilation og Ekskretion .. 458
Aandedræt eller Respiration 460
Gæringer 469
Urinafsondring 477
Andre Stoftab 480
Organismernes Stof- og Krafthusholdning. Forholdet mellem Indtægt og Udgift 482
Menneskets Kvælstof- og Energibehov 486
Energiens Anvendelse 493
Organismernes samlede Energiforbrug under hele Livsløbet 497
4. **Formskifte. Vækst og Bevægelser** 500
Vækst 502
Bevægelser 509
5. **Sansning og sjælelig Virksomhed** 523
Sansning 527
Instinkt og Forstand 537
6. **Forplantning og Fosterudvikling** 545
Forplantning 547
Cellernes Forplantning 548
Individernes Forplantning 552
1. Vegetativ eller ukønnet Forplantning 552
2. Kønnet Forplantning eller Befrugtning 554
3. Jomfrufødsel eller Parthenogenese 573
Fosterudvikling 578
7. **Arvelighed og Udvikling** 587
Udviklings- og Arvelighedslæren indtil c. Aar 1900 591
Lamarcks Udviklingslære 592
Darwins Udviklingslære 592
Den moderne eksperimentelle Arvelighedsforskning og dens Resultater .. 598
Mutationer 598
Bastarder. De Mendelske Love 605
Rene Linjer 612

Naturvidenskabelige Hypoteser om de levende Væseners første Oprindelse 620
Læren om Selvavl (generatio æquivoca) 622
Senere Hypoteser 630

Litteratur 640
Register 645

I

INDLEDNING

1. Biologi.

Hvad er egentlig Biologi?

Det er ikke sjældent at høre selv Fagmænd, Biologer, drøfte dette Spørgsmaal, som Følge af at Ordet anvendes i noget forskellige Betydninger, saa en Udredning heraf vil falde naturlig som Indledning til en Bog, der skal omhandle den almindelige Biologi.

I videste Forstand er Biologi Læren om den Del af Naturen, der er levende, altsaa egentlig Læren om Livet. Men da Livet kan ses fra saa mange Synspunkter: naturhistorisk, aandshistorisk, etisk, religiøst, socialt osv., saa har man været enig om i hvert Fald at begrænse Begrebet Biologi til kun at omfatte den Side af Livsfænomenerne, som i Øjeblikket kan efterforskes ved Hjælp af naturvidenskabelige Metoder.

I denne Betydning er Biologien imidlertid endnu saa vidt omfattende, at det gaar langt ud over et enkelt Menneskes Evne at sætte sig nærmere ind i dens forskellige Sider. Ti i Virkeligheden drejer det sig her om mange forskellige Videnskaber, der tildels arbejder hver med sin Metode, kun med det fælles, at levende Væsener er Objekter for dem. Videnskaber som Zoologi og Botanik spaltes i Fag som Cytologi, Morfologi, Anatomi, Embryologi, Økologi, Fysiologi, fysiologisk Fysik og Kemi, Patologi, Geografi o. m. fl., og enhver, der dyrker et af disse Fag videnskabeligt, har for saa vidt Ret til at kalde sig Biolog.

Men man tager ogsaa ofte Ordet Biologi i en snævrere Begrænsning, som Læren om den Betydning, Organismernes Bygning og fysiologiske Ejendommeligheder har for Individets og Artens Eksistens. Det bliver her Sammenspillet mellem det levende Væsen og den Natur, hvori det lever, og da bl. a. ogsaa mellem Organismerne indbyrdes, man

har for Øje. I saa Tilfælde kan man med en vis Ret opfatte Biologien som en enkelt Videnskab, der f. Eks. beskæftiger sig med saadanne Spørgsmaal som Blomsternes Betydning for Planternes Befrugtning og Vekselvirkningen her mellem Planterne og Dyrene eller Vinden, Vandet osv. Hertil hører ogsaa Organismernes Tilpasning til bestemte klimatiske Forhold, til bestemte Jordbundsformer eller til Livet i Vandet, deres indbyrdes Kampe og gensidige Hjælp, deres Livs Varighed osv., kort sagt alle ydre Tildragelser i deres Liv fra deres Fødsel til deres Død. Men paa en Forklaring af selve Livsytringernes Natur, i hvert Fald paa de Processer, der foregaar inde i den levende Organisme, indlader denne Videnskab sig ikke, men overlader dette Omraade til Fysiologien, skønt det dog ikke er muligt at drage skarpere Grænser mellem de to Fag.

Den Betydning, hvori vi her vil tage Ordet Biologi, er for saa vidt den mere omfattende, som vi vil søge at fremdrage nogle af de vigtigste fælles Træk og Ejendommeligheder for alt levende, den Overensstemmelse, der er i alle Organismers elementære Bygning, de Kaar, under hvilke Livet i Almindelighed føres, og de fundamentale fysiologiske Processer, der er en Betingelse for Livets Opretholdelse paa Jorden og for alle finere, mere specielle Livsvirksomheder.

En saadan Orientering skulde da tjene til at lette Forstaaelsen af og øge Interessen for den levende Natur, der omgiver os, hvormed vi daglig arbejder, og hvoraf vi selv er et Led. Og da ogsaa vi Mennesker er underkastede samme almindelige Livskaar som andre levende Væsener, foruden at der i vort Legeme findes samme Grundtræk i Bygningen, og dets Funktioner viser samme Afhængighed af indre og ydre Faktorer som den, der træffes overalt i den levende Natur, kan Mennesket tjene til at illustrere mange af Livets almindelige Love, der maaske derigennem vil vinde forøget Interesse. Derfor vil denne Bog da ogsaa paa saare mange Punkter komme til at beskæftige sig med Menneskelivet i naturhistorisk Forstand.

2. Livløst og levende.

Det levendes Udbredelse i Naturen. Tilknytning til Stof. Uorganisk og organisk. Kunstig Fremstilling af organiske Stoffer.

Af alt det materielle paa vor Klode indtager det levende, Organismerne, kvantitativt kun en meget ringe Del. Sandsynligvis er det ligesaa paa andre Kloder, hvor der kan være Tale om Liv. Men flere Himmellegemer vil overhovedet ikke kunne huse levende Væsener — i hvert Fald ikke af den Slags, der findes paa Jorden —. saaledes f. Eks. Solen, fordi den endnu er glødende paa sin Overflade, eller Maanen, da denne sandsynligvis hverken fører Luft eller Vand, og Temperaturen paa den svinger mellem i det mindste + 150° og ÷ 150° C, eftersom den er belyst af Solen eller ej. Paa Planeter som Mars og Venus kunde der vel være Tale om Liv, da der paa dem baade findes Luft og Vand, og Temperaturen ogsaa indskrænker sig til at svinge mellem de Yderpunkter, indenfor hvilke levende Væsener af den Natur, vi kender dem, kan eksistere. Derimod kan der ikke være Tale om, at saadanne skulde kunne findes paa de yderste Planeter i vort Solsystem som Jupiter, Saturn, Uranus og Neptun, og næppe heller paa den inderste, Merkur, der stadig vender samme Side mod Solen, alene af den Grund, at Temperaturforholdene paa alle disse Kloder vilde hindre Livsfunktionernes Udfoldelse. Men muligvis kan der paa Kloder, hørende til andre Solsystemer, herske saadanne Naturforhold, at der meget vel vil kunne trives levende Væsener paa dem.

Paa vor Klode, Jorden, er de levende Væsener indskrænkede til at færdes paa den alleryderste Overflade af den faste Jordskorpe. I ganske ringe Dybder af denne — højst nogle faa Meter — findes der (naar undtages Huler og Miner) absolut intet Liv, og stiger vi til Vejrs, op i Luften eller blot op paa de højeste Bjærgtinder, udslukkes Livet ogsaa lidt efter lidt, fordi de almindelige Livskrav her ikke kan opfyldes. De evige Snemarker ved Jordens Poler er dertil uhyre tyndt befolkede med Organismer, medens det rigeste Liv udfolder sig i den Del af den tropiske Zone, hvor der hersker en passende Fugtighed; her bliver Jordens yderste Skal næste helt levende.

Det skal dog indskydes, at saa godt som alle Søer og Have, selv oppe ved Polerne og indtil de største maalte Dybder, huser

en Rigdom af levende Væsener, sandsynligvis betinget af, at Svingningerne i Temperaturen her er saa forholdsvis ringe, at en Del Organismer er i Stand til at tilpasse sig til de lave Varmegrader (fra c. ÷ 2° til + 2° C), som Polar- og Dybdevandet i Reglen holder. —

Langt den største Del af det, vi kalder Materien, bestaar altsaa af livløst Stof, der dog langt fra er en ensartet Masse, men tværtimod optræder i yderst variable og mangfoldige Arter og Former, omend disse ved en nærmere Analyse kan paavises at bestaa af et forholdsvis ringe Antal, c. 70—80, Grundstoffer.

Men ogsaa det levende optræder altid stofligt for os, bygget op af Grundstoffer, som vi genfinder i den livløse Natur.

Det ligger da nær, naar man vil udforske Livets Natur, at begynde med at undersøge, analysere eller eventuelt kunstigt danne det levende Stof og saaledes i hvert Fald fastslaa dets Forskelligheder fra det livløse Stof. Megen Indsigt i Livets Væsen har man ogsaa naaet ad den Vej, og til den dybere Forstaaelse af Livsytringerne er det uomgængelig nødvendigt først at erhverve sig Kendskab til Organismens rent stoflige Egenskaber, da al Livsvirksomhed er forbunden med Omsætning af Stof. At man da langtfra alene ved saadanne kemiske Undersøgelser kan bestemme Livets Væsen, vil man snart erfare. Men det kan have sin Interesse at se, hvor langt man er kommen ad den Vej.

Det skal dog straks bemærkes, at ved en mere indgaaende kemisk Undersøgelse af det levende Stof dør dette i Reglen hurtigt imellem Hænderne paa en og forandrer derved mange af sine Egenskaber. Men efter alt, hvad man ved om Materiens Væsen, gaar derved intet Stof bort, saa man i hvert Fald kan faa at vide, til hvilke Stoffer Livet har været knyttet.

En saakaldet Elementæranalyse vil da snart kunne oplyse os om, hvilke Grundstoffer vi finder i den levende Natur, og som kan antages at have haft noget med Livet at gøre. Og det har vist sig, at lige meget hvilket levende Væsen vi har for os, den laveste Plante eller det højest udviklede Dyr, saa er der 10—12 Grundstoffer, som vi altid finder som Bestanddel af deres Legeme, og som derfor i første Række maa antages at være det levendes Byggemateriale. Ernæringsforsøg har nu rigtignok lært os at være forsigtige med at slutte fra, hvad man finder i en Organisme, til, hvad der er absolut nødvendigt for den, og kun de

sidste Stoffer er da antageligt dem, til hvilke Livet i første Række er knyttet, medens nogle af de andre kan betragtes enten som mindre vigtige eller maaske endogsaa som ligefremme Forureninger, indblandede i det levende Stof.

De 10—12 Grundstoffer, der altid findes, og som ved de fleste Ernæringsforsøg ogsaa har vist sig at være nødvendige for Livets Opretholdelse i Plantens og Dyrets Organisme, er: Kulstof, Ilt, Brint, Kvælstof, Svovl, Fosfor, Klor[1]), Natrium[1]), Kalium Kalcium[1]), Magnium og Jærn. Hyppigt, men i meget vekslende Mængder efter Organismens Art og efter det Milieu, i hvilket den lever, forekommer desuden Fluor, Brom, Jod, Silicium (ofte i meget store Mængder og derfor sikkert ogsaa af stor Betydning), Aluminium og Mangan og undertiden tillige Arsen, Lithium, Zink, Kobber, Bly og enkelte andre Grundstoffer i de levende Væsener. Flere af disse Stoffer kan, selv om de optræder i store Mængder (som Silicium i mange Planter) være ganske unødvendige for Livets Opretholdelse, og andre, der kun findes i minimale Mængder (Fluor i Tændernes Emaille, Jod i Skjoldbruskkirtlen hos flere Dyr) være absolut uundværlige og derfor knyttede til en eller anden Livsfunktion. Flere af disse Stoffer kan optræde i Organismen i uorganiske Forbindelser som Vand, Klormetaller, salpetersure, fosforsure og kulsure Salte, men dog spille en uhyre vigtig Rolle for Livets Opretholdelse, selv om de da næppe kan regnes til det levende Stof. Saa om Stoffernes Betydning for Livet giver den kemiske Analyse af den døde Organisme os ingen Besked; her maa det fysiologiske Forsøg med levende Væsener skaffe Klarhed.

Men hvad der er paafaldende og værd at mærke angaaende de levende Væseners kemiske Sammensætning, er, at de ikke indeholder noget Grundstof, som ikke ogsaa findes i den Del af Naturen, der aldrig har været levende, at der altsaa ikke findes noget specifikt **Livsstof** og ikke sker nogen Masseforandring ved Overgangen fra levende til livløst eller omvendt, men at Livet er noget, der under visse bestemte Betingelser kan knyttes til en Del af den før Livets Oprindelse alt eksisterende Materie.

---

[1]) Af disse synes Klor, Natrium og Kalcium at kunne undværes af enkelte Planter.

Imidlertid kan en kemisk Analyse ikke blot give Besked om, hvilke Grundstoffer, men ogsaa hvilke Forbindelser af disse der optræder i Organismerne. Og her er man da stødt paa saadanne Stoffer, som man i sin Tid efter deres Forekomst gav Navnet de organiske Stoffer, i Modsætning til de uorganiske, af hvilke Mineralierne o. l. er byggede op.

Nu om Dage, da man har lært i Laboratorier og Fabrikker kunstigt at fremstille en Mængde af de Forbindelser, man oprindeligt lærte at kende som Bestanddele af Organismerne, har Betegnelsen organisk Stof faaet en noget anden Betydning. Den omfatter nu ogsaa en Mængde Forbindelser, som aldrig er fundne i noget levende Væsen, ja som aldrig har eksisteret i Naturen, før Mennesket fandt paa at kombinere dem af deres Grundelementer, men som dog paa Grund af deres hele Bygning og Egenskaber i kemisk Forstand er i det nøjeste Slægtskab med de oprindelige organiske Stoffer. Fællesmærket for alle organiske Stoffer er da kun dette, at de indeholder Kulstof i Forening med et eller flere andre Grundstoffer, saa den organiske Kemi nu er bleven slet og ret Kulstofforbindelsernes Kemi, skønt enkelte af disse Forbindelser som Kulsyre, Svovlkulstof og Kulbrinter med lige saa stor Ret kunde henregnes til uorganiske Stoffer og ogsaa ofte bliver dette.

De Forbindelser, Kulstoffet kan danne, er saa mangfoldige, at de organiske Stoffer nu vel snart udgør Størsteparten af alle kendte kemiske Forbindelser. Og de organiske Stoffer, man har fundet i Organismerne, udgør en meget klækkelig Del deraf. Hver Organismegruppe synes at føre visse Stoffer, der er karakteristiske for den, og maaske vil det vise sig, at hver Art er stoflig forskellig fra andre Arter, saa der maaske en Gang vil kunne gennemføres en systematisk Adskillelse af Organismerne efter stoflige, kemiske Karakterer, som man tildels allerede nu indenfor enkelte Grupper (Bakterierne o. a.) benytter sig af, i Stedet for efter rent ydre, ofte meget variable, Kendemærker[1]).

Men ved Siden af alle de specifike Stoffer, der — sædvanligvis kun i smaa Mængder — optræder i de forskellige Organismer,

---

[1]) Ved Hjælp af særlige Stoffer (Præcipitiner, Hæmolysiner o. a.), der findes eller under visse Betingelser kan dannes i Blodet, er man i flere Tilfælde i Stand til at afgøre Dyregruppers nærmere eller fjærnere Slægtskab med hverandre.

er der nogle organiske Stofgrupper, der findes almindeligt i enhver levende Celle eller er overordentlig udbredte indenfor Plante- og Dyreriget. Dette gælder navnlig Æggehvidestofferne, Fedtstofferne (med Lipoiderne) og Kulhydraterne. Af disse findes Æggehvidestofferne i enhver levende Celle (Om Cellens Bygning, Indhold og Betydning se forøvrigt senere), idet Celleslimen (Protoplasmaet) foruden af Vand hovedsagelig bestaar af disse, og det er derfor en vel begrundet Antagelse, at det er til Æggehvidestofferne, Livet først og fremmest er knyttet. For deres overordentlige Rigdom paa Fedtstoffer og fedtlignende fosfor- eller kvælstofholdige Forbindelser (Lipoider) er mangfoldige Dyr og Planter bekendte, saa disse Stoffer uden Tvivl ogsaa i fremragende Grad staar i Livsprocessernes Tjeneste. Og det samme er Tilfældet med den store Stofgruppe, som Kulhydraterne udgør (Cellulose, Stivelse, Sukkerarter m. fl.), der dog i ganske særlig Grad er udbredte i Planteriget, hvor de næppe savnes i nogen Celle, men kun forholdsvis sparsomt forekommer i de dyriske Væv, hvor værdifulde og vigtige Næringsstoffer de end er for en Mængde Dyr.

Disse Stofgrupper udmærker sig alle ved at danne meget store og kompliceret byggede Molekuler, og naar disse under Livsprocesserne spaltes, og Spaltningsprodukterne omsætter sig med hverandre eller med uorganiske Molekuler, kan der dannes en Mængde andre organiske Stoffer. Ved dels at forfølge, hvorledes disse Spaltninger og Omsætninger foregaar i Organismen, eller dels at fremkalde dem udenfor denne ad kunstig Vej, har man faaet et dybere Kendskab til nogle af de store Molekulers finere Bygning og Fingerpeg om, hvorledes de sandsynligvis dannes i Naturen. For Æggehvidestoffernes Vedkommende er vort Kendskab til denne store Stofgruppe dog endnu højst ufuldstændig, medens vi ved bedre Besked med Fedtstof- og Kulhydratmokulernes Sammensætning. Men med det store Arbejde, der nu ofres herpaa omkring i Alverdens kemiske og fysiologiske Laboratorier, gør vor Indsigt i disse Stoffers Kemi saa store og hurtige Fremskridt, at vi virkelig har Haab om indenfor en overskuelig Fremtid at faa et nøje Kendskab til deres finere molekulære Bygning.

Og da vil maaske samtidig ogsaa det Maal være naaet, paa hvilket Arbejdet gaar Haand i Haand med Analysen: at danne de paagældende Stoffer kunstigt, ved en Syntese. For nogle af de simplest byggede Kulhydraters og Fedtstoffers Vedkommende er

Forsøget herpaa allerede lykkedes og ligesaa for flere vigtige Spaltningsprodukter af Æggehvidestofferne, og jo længere man naar frem ad den Vej, des bedre forstaar vi, hvad der foregaar i den levende Celle, naar Naturen selv arbejder i dette forunderlige Værksted med Dannelsen af levende Stof. Om vi saa kan lære den Kunsten af, bliver et andet Spørgsmaal. Ti selv om vi nu har lært kunstigt at danne en Række organiske Stoffer, der i kemisk Sammensætning og i forskellige fysiske Egenskaber er ganske ens med dem, vi finder i den levende Natur, saa er det dog endnu aldrig lykkedes at »indpuste« noget af disse Kunstprodukter »Livsens Aande«, saa der alligevel paa et eller andet Punkt i Bygningen maa være en gennemgribende Forske mellem Natur- og Kunstproduktet.

Dette, at det overhovedet var muligt at danne et organisk Stof ad kunstig Vej, syntetisk, var, da det første Gang lykkedes for den tyske Kemiker WÖHLER, der 1828 dannede Urinstof af cyansur Ammoniak, en overordentlig vigtig Begivenhed i Naturvidenskabens Historie, som bidrog i højeste Grad til den Revolutionering i Opfattelsen af Livets Væsen, som fulgte i de nærmeste Aar derefter og skabte det solide Grundlag for eksakt Forskning, hvorpaa Biologien endnu den Dag i Dag arbejder.

Det vil derfor være naturligt her at standse lidt og kaste et Blik tilbage paa tidligere Tiders Opfattelse af Livsprocesserne. Det vil da ses, hvorledes denne ændres og uddybes med de store Opdagelser, der blev gjorte i Slutningen af det 18de og omkring Midten af det 19de Aarhundrede, og som danner Fundamentet for hele den moderne kemiske og biologiske Naturvidenskab. Og dertil skal saa knyttes nogle Bemærkninger om de forskellige Opfattelser af Livsprocessernes Natur, der gør sig gældende i vore Dage.

---

3. Historisk Oversigt over Opfattelsen af det levende.

Vitalisme. Materialisme. Ny-Vitalisme. Teleologi.

Naturfænomener og i særlig Grad Livsfænomenerne har altid tiltrukket sig Menneskenes Opmærksomhed og givet dem Anledning til at tænke over Aarsag og Sammenhæng. Hvor man ikke direkte har kunnet paavise disse, har man saa spekuleret

sig dertil og givet en eller anden billedlig Forklaring. Og andet kunde man selvfølgelig ikke give, saalænge man intet rigtigt vidste om Organismens finere Bygning eller Materiens Sammensætning. Intet Under derfor, at det blev ganske mystiske Kræfter, man først tillagde Æren for at drive Livsmaskineriet, idet den menneskelige Vilje blev taget som Symbol for disse.

Til helt op imod Midten af forrige Aarhundrede regnede man for Alvor i den biologiske Forskning med en saadan mystisk Kraft, som man kaldte Livskraften. Man mente, at denne, som en af andre Naturkræfter tildels uafhængig Magt, beherskede baade det bevidste og det ubevidste Livs Funktioner paa ganske overnaturlig Vis.



Fig. 1. William Harvey. (1578—1657). Berømt engelsk Anatom og Fysiolog. Opdageren af Blodets Kredsløb. Skrev vigtige Arbejder om Dyrenes Forplantning og Udviklingshistorie.

Denne Lære, der har faaet Navnet Vitalismen, kan forfølges tilbage til nogle af Oldtidens Tænkere og Naturforskere, bl. a. til Aristoteles [1]), men den var særlig bleven udformet af den tyske Kemiker og Læge Ernst Stahl (1660—1734), der i et Skrift (1708) kraftigt tog til Orde mod den mere naturlige Forklaring af visse Livsprocesser, som havde begyndt at bane sig Vej, efterat Englænderen Harvey (1628) havde opdaget Blodets Kredsløb og Hjætets Betydning for dette, og den franske Filosof Descartes (1596—1650) havde givet en tydelig Beskrivelse og Forklaring af, hvad man nu forstaar ved Refleksbevægelser.

---

[1]) At andre, ja de fleste, af Oldtidens Tænkere var Materialister, der endog ofte (som Stoikerne og Epikuræerne) mente, at Sjælen var af rent stoflig Natur, har for saa vidt mindre Interesse, som deres Opfattelse nødvendigvis ikke kunde bygge paa andet end Spekulationer og derfor ikke komme i Strid med for dem eksisterende Kendsgerninger.

Og til Trods for de betydningsfulde kemiske saavel som plante- og dyrefysiologiske Opdagelser, der blev gjorte i Slutningen af det 18de og Begyndelsen af det 19de Aarhundrede (se S. 13—14), og som ganske stod i Strid med den Stahlske Lære, slog denne dog, om end i lidt modificeret Form, ret an i den paafølgende romantiske, naturfilosofiske Tidsalder, hvor man i Stedet for virkelig at udforske Naturen var mere tilbøjelig til at skaffe sig Forklaringer ad spekulativ Vej, og hvor »Livskraften« blev de Vises Sten, der let og bekvemt kunde løse alle de Gaader, Livsfænomenerne frembød.

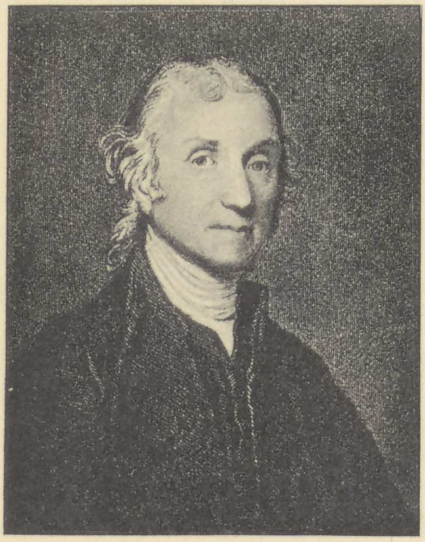


Fig. 2. Joseph Priestley (1733—1804). Engelsk Præst, Kemiker og Fysiolog. Tiltrods for et omflakkende Liv og en urolig Karakter (snart som Dissenterpræst, snart som Huslærer, snart som privatiserende Videnskabsmand, tilsidst levende i Amerika) har denne mærkelige Aand leveret grundlæggende kemiske og fysiologiske Arbejder. Opdagede Ilten og Planternes Kulsyreassimilation og udførte en Række vigtige Arbejder over forskellige Luftarter (Kulsyre, Kvælstoftveilte og Brint).

Det var Livskraften, mente man, der satte Blodstrømmen og Musklerne i Bevægelse, den, der regulerede Aandedrættet og Varmeudviklingen i Legemet, som foranledigede Forplantningsstoffernes Dannelse, besørgede Fordøjelsen osv., ja, man kunde endogsaa tillægge den en direkte skabende Evne og, selv efter at Planternes Kulsyreassimilation var opdaget, paastaa, at det var den, der dannede Kulstoffet i Plantens Legeme. Og under alle disse Virksomheder fulgte den særegne overnaturlige Love, der godt kunde gaa paa Tværs af de almindelige da kendte Naturlove.

Det er let at se, at, hvad man saaledes »forklarede« ved Hjælp af Livskraften, i Virkeligheden derved blot blev endnu dunklere, og at al den Slags Tankevirksomhed intet havde med eksakt Naturforskning at gøre. Og endelig omkring Aarene 1840—50 brød da saa ogsaa en ganske anden Naturopfattelse igennem, idet stadig flere og flere epokegørende naturviden-

skabelige Opdagelsers Magt over Sindene blev saa stor, at man ikke længere kunde slaa sig til Taals med Vitalismens Lære, medens geniale Forskere og Tænkere udformede nye Teorier, der anderledes trængte i Dybden og skaffede Klarhed over store Grupper af Livsfænomener.

Slutningen af det 18de Aarhundrede havde paa Naturvidenskabernes som paa de øvrige af Aandslivets Omraader været en overordentlig frugtbar og betydningsfuld Periode. Da drages Forhænget til Side for en Mængde af Naturens Hemmeligheder. Blandt andet opdages nogle af de vigtigste Luftarter, som Brinten (1766), Kvælstoffet (1772), Ilten og Chloret (1774), og man lærer da den atmosfæriske Lufts og Vandets Sammensætning at kende. Endvidere faar man Forstaaelsen af, hvilken Betydning Luften har for de levende Væseners Eksistens: Dyrenes og Planternes Aandedræt forklares som en Slags Forbrænding, det opdages, at de grønne Planters vigtigste Næringsmiddel er den Kulsyre, der findes i ganske ringe Mængder i den atmosfæriske Luft, og man er paa Nippet til at opdage Aarsagen til den alkoholiske Gæring. Ja, man kan sige, at fra Iltens Opdagelse, der omtrent samtidig (1771—74) gjordes af tre berømte Naturforskere, Svenskeren SCHEELE, Englænderen PRIESTLEY og Franskmanden LAVOISIER [1]), daterer hele den moderne Kemi og Biologi sig, ti intet Stof spiller saa stor en Rolle som dette, der udgør c. Halv-

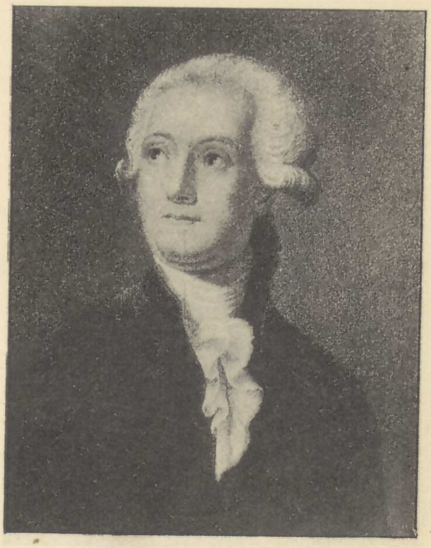


Fig. 3. ANTOINE LAVOISIER (1743—1794). Berømt fransk Kemiker. Opdager Ilten og og Vandets Sammensætning og forklarer første Gang Forbrændingsprocessen og Aandedrættet. Indfører Vægten ved kemiske Undersøgelser. Opstiller Læren om Materiens Konstans. En af Grundlæggerne af den moderne Kemi og Biologi. Henrettet under den store Revolution.

[1]) LAVOISIER menes dog, efter nyere Undersøgelser, at have kendt PRIESTLEYS Opdagelser.

delen af vor Klodes samlede Stofmasse — for saa vidt vi kender denne — og som ved sin Tilbøjelighed til at forene sig med andre Stoffer — i Reglen under Varmeudvikling — fremkalder en Mængde betydningsfulde kemiske og biologiske Processer.

I dette Tidsrum opstiller LAVOISIER *Sætningen om Materiens Konstans*, der gaar ud paa, at Stoffets samlede Masse altid er den samme, at intet gaar til Spilde, men naar to Stoffer forener sig, saa vejer den nye Forbindelse, som derved fremstaar, selv om den er en Luftart, lige saa meget som de to Stoffer tilsammen. Og han rammer ved denne Teori, der er bygget paa en Række glimrende Eksperimenter, en Pæl igennem en anden Teori, der beherskede den gamle mest spekulative Kemi, nemlig Flogistonlæren, som Vitalismens Forkæmper, STAHL, ogsaa havde sat ind i Verden.

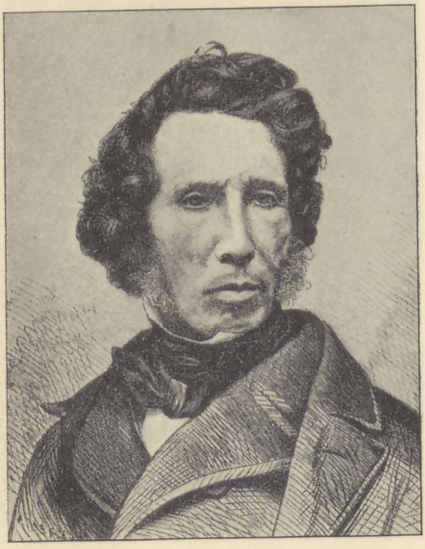


Fig. 4. FRIEDRICH WÖHLER (1800—1882). Tysk Kemiker. Den første, der dannede et organisk Stof (Urinstof) ad kunstig Vej. Arbejdede sammen med Liebig, men er forøvrigt fortjent af mange værdifulde selvstændige kemiske Arbejder.

Lige i Begyndelsen af det 19de Aarhundrede er man saa vidt i Kendskabet til Grundstoffernes kemiske Egenskaber og indbyrdes Forhold, at den engelske Skolelærer JOHN DALTON (1766—1844) kan fremsætte og begrunde (1804) den moderne Atomteori, der er støttet paa de Vægtforhold, efter hvilke Grundstofferne indgaar Forbindelser med hinanden, og hvoraf igen de enkelte Atomers relative Vægte kan udregnes.

Efter en forholdsvis død Tid i de første 20 Aar af det 19de Aarhundrede, i hvilken den spekulative Filosofi helt tager Vejret fra den eksakte Naturforskning, og i hvilken der paa mange Punkter skabes Uklarhed og Forvirring, hvor man tidligere i Hovedsagen havde set rigtigt, kommer der igen en Opgangsperiode. WÖHLER danner det første organiske Stof, Urinstoffet, syntetisk (1828),

og Synteser af andre organiske Stoffer følger i de følgende Decennier nu Slag i Slag. Man opdager (1836—37), at det, der fremkalder den alkoholiske Gæring, er et lille mikroskopisk levende Væsen, Gærsvampen, og en Mængde andre Mikroorganismer opdages og beskrives; man gør den Opdagelse, at ikke alene Planternes, men ogsaa Dyrenes Legeme er bygget op af Celler, Elementærorganet, hvis Bestanddele og Natur nærmere beskrives (SCHLEIDEN, SCHWANN, MOHL 1838—1846). Og paa Basis af Opdagelserne fra Slutningen af forrige Aarhundrede om Planternes og Dyrenes Ernæring udvider nu DUMAS og LIEBIG (1841—42) i meget betydelig Grad Kendskabet til de levende Væseners Stofskifte og paaviser deres Næringsstoffers Kredsløb i Naturen, hvorved ogsaa det indbyrdes Forhold mellem Dyr og Planter bliver rigtig paapeget.

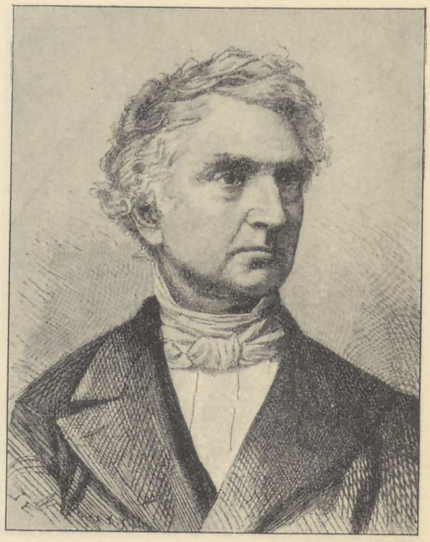


Fig. 5. JUSTUS VON LIEBIG (1803—1873). Fremragende tysk Kemiker. Foruden en Mængde betydningsfulde rent kemiske Arbejder har han leveret Værker, der fik den største Betydning for Fysiologien og Agrikulturkemien, særlig angaaende Planternes og Dyrenes Ernæring.

Og endelig fremsætter den tyske Læge ROBERT MAYER (1842), senere støttet af andre udmærkede Fysikeres Eksperimenter, Danskeren COLDINGS (1843), Englænderen JOULES' (1843—49) og Tyskeren HELMHOLTZ's (1847), den epokegørende *Sætning om Energiens Konstans* d: at Summen af Energi i Naturen altid er den samme, og at, naar en Kraftform tilsyneladende forsvinder, saa omsættes den kun i en anden Skikkelse, idet alle de forskellige Naturkræfter (Varme, Bevægelse, Elektricitet, Lys osv.) kan omsættes i hverandre efter ganske bestemte, lovmæssige Forhold. Og mange mente da, at denne Lov skulde gælde, ikke alene i den livløse, men ogsaa i den levende Natur, saa alt, hvad der foregaar i Organismen, selv de sjælelige Processer som Tænkning og Følelser, skulde være forbundne

med en lignende Kraftomsætning, som naar Varme omsættes i Bevægelse, kemisk Energi i Varme osv.

Saa væltede da ogsaa hele den vitalistiske Lære omkuld, som et Korthus for et frisk Vindpust, og blev afløst af den saakaldte mekaniske eller materialistiske Naturopfattelse, der ikke levnede Plads for nogen overnaturlig Kraft noget Steds i Naturen. Efter denne Opfattelse skal alle Livsprocesser kunne forklares gennem de almindelige kemiske og fysiske Naturlove.



Fig. 6. HERMANN HELMHOLTZ (1821—1894). Berømt tysk Fysiolog og Fysiker. Opdagede Sammenhængen mellem Nervetraade og Nerveceller, paaviste, hvorledes Muskelarbejdet til Dels omsættes i Varme (Loven om Energiens Konstans). Vigtige Arbejder over Sansefysiologien, særlig Syn og Hørelse, over Farver og andre rent fysiske Æmner. Opfinder af Øjespejlet.

Hermed var fuldbyrdet et afgørende Gennembrud i Naturforskningen, og ikke mindst i Biologien, der i Celleteorien og Læren om Stofskiftets rent kemiske Karakter ret havde faaet fast Grund under Fødderne. Opdagelse følger paa Opdagelse lige ned til vore Dage, store Tænkere sammenstiller Resultaterne af egne og talrige andres Forskning til overskuelige Billeder af Naturens Mangfoldighed, og disse Tanker trænger efterhaanden — som f. Eks. kort derefter Udviklingstanken og Læren om Sygdommenes naturlige Aarsager — ud i videre og videre Kredse, saa Naturvidenskaben ikke alene ved sine Metoder kommer til at paavirke Aandsvidenskaberne, men gennem sine praktiske Resultater kom-mer til at omprægе Menneskenes hele daglige Liv og Forestillinger. Og som vor Viden om Naturen udvides og uddybes, opstaar der talrige Specialvidenskaber, der hver især giver mere end Stof nok til Forskningen, thi hver ny Erkendelse betyder i Virkeligheden flere nye Problemer, der slet ikke før eksisterede for den forskende og sandhedssøgende Menneskesjæl.

Der dukker da Kendsgerninger op, som man ikke synes straks

at kunne bringe i Overensstemmelse med den herskende materialistiske Naturopfattelse, og ganske naturligt afføder dette en Reaktion imod denne, et Forsøg paa at finde andre Forklaringer paa saadanne Fænomener.

Det er i en saadan Periode, vi f. T. befinder os, og der er opstaaet en ny biologisk Skole, der i Modsætning til Materialisterne kalder sig Idealister eller Ny-Vitalister. Men det maa dog straks siges, at de fleste af denne Skoles Tilhængere i Virkeligheden i deres Tankegang er vidt forskellige fra de gamle Vitalister, om den end tæller Afskygninger, der nærmer sig disse.

Efter Opdagelsen af de rent fysisk-kemiske Love for Diffusion og Osmose mente man en Tid at kunne forklare Organismernes Næringsoptagelse og Stofudskilninger ved disse. Men i flere Tilfælde synes netop disse Virksomheder at stride imod de ovennævnte Love. Af en Næringsopløsning, bestaaende af forskellige Salte, udvælger saaledes Planterødderne netop de Stoffer, de har Brug for, og optager dem i ganske andre kvantitative Forhold, end hvis Stofoptagelsen var af rent fysisk-kemisk Natur. Den dyriske Fordøjelseskanal sondrer ligeledes mellem de Stoffer, den optager, saa i visse Tilfælde letopløselige og let diffusible Gifte slet ikke faar Lov at passere Tarmvæggene, medens Stoffer, der i sig selv er uopløselige, synes at kunne gaa igennem[1]). Og mange Gange kan Stoffer, der en Gang er optagne i Cellen, ikke vandre den modsatte Vej tilbage igen, selv om de synes ganske uforandrede, og man netop hidskaffer saadanne Betingelser, der skulde bevirke deres Udskillelse. Det er ogsaa højst paafaldende, at Organer som Nyrerne af Blodets forskellige Bestanddele kun udskiller ganske bestemte, men lader andre lige saa let opløselige blive tilbage, eller at f. Eks. Mælkekirtlerne heraf dels former Æggehvidestoffer og Sukkerarter af helt anden Beskaffenhed end dem, Blodet indeholder, og dels udsondrer Salte i helt andre kvantitative Forhold end Blodets.

Saa har det hidtil heller ikke været muligt at give nogen sandsynlig og naturlig Forklaring paa Aarsagerne til den Retning, i hvilken det enkelte Individ eller Generationer af Individer udvikler sig. Og saadanne Fakta har da ledet Tanken hen paa Eksistensen af et sjæleligt, villende, regulerende og retningsbestemmende Element i Livsvirksomheden, ikke

[1]) I sidste Tilfælde sker der dog vistnok altid en Opløsningsproces.

alene, hvor der udføres bevidste Handlinger, men selv i den simpleste Celle, der fungerer som et lidet Hjul i Organismens ofte meget komplicerede Mekanisme. Man har i smaa kærne- og vægløse encellede Væseners Evne til at opsøge og skelne deres Bytte fra andre lignende Væsener end dem, hvoraf de lever (som f. Eks. den mikroskopiske Amoebe *Vampyrella Spirogyræs* Evne til at finde en bestemt Algeform, *Spirogyra*, mellem talrige andre lignende Alger) villet se en Slags Bevidsthed eller i hvert Fald noget psykisk. Man taler derfor om en særlig Cellepsykologi og lader i det hele Fysiologi og Psykologi glide over i hinanden, skønt naturligvis baade Grads- og Kvalitetsforskelligheder mellem de enkelte sjælelige Processers Karakter anerkendes.

Alt dette kan maaske være berettiget fra en rent eksakt Naturforsknings Standpunkt. Det kommer her nærmest an paa. hvilken Betydning man lægger ind i Ordet Sjæl, og hvor megen Vægt man tillægger Eksistensen af et saadant Element som videnskabeligt Forklaringsgrundlag.

Og her deler Idealisterne eller Ny-Vitalisterne sig afgjort i to Lejre, af hvilke den ene Slags, Teleologerne, der regner med en bestemt Hensigt i Naturen, som det gælder at udforske, i Virkeligheden i deres Forklaringer tager deres Tilflugt til overnaturlige Kræfters Indgriben i Livsprocesserne, og saaledes i betænkelig Grad nærmer sig den gammel-vitalistiske Opfattelse, skønt de naturligvis ikke benægter Aarsagsforbindelsen mellem Livsprocesserne og rent fysisk-kemiske Kræfter, — og saa de andre, der i det væsentlige stiller sig paa den mekaniske Naturopfattelses Grund, men antager, at der i den levende Organisme virker Kræfter eller Kraftformer, som vi endnu ikke ved tilstrækkeligt om til at kunne bestemme deres Lovmæssighed, men som de er overbeviste om er lige saa lovbundne og for saa vidt lige saa meget eller lige saa lidt overnaturlige, som de hidtil kendte Naturkræfter; denne sidste Retning forkaster ogsaa ganske Hensigten i Naturen som videnskabelig Forklaring paa noget som helst.

For saa vidt er Betegnelsen »Ny-Vitalister« en ganske misvisende og »Idealister« en helt overflødig for disse sidste Forskere, der i Virkeligheden kun betegner en naturlig Fortsættelse fra de gamle Materialister, af hvilke nogle maaske var lovlig groteske og dogmatiske i deres Syn paa Livsfænomenernes sindrige og fine Sammenspil.

4. Livets Særkendemærker og Døden. Det latente Liv.

Denne Diskussion om Naturen af de Kræfter, der driver Livsmaskineriet, fører ganske naturligt over i Spørgsmaalet om Livets egentlige Væsen, og om vi overhovedet klart og koncist naturvidenskabeligt kan definere, hvad Livet er. Naar man nu mener at se sjælelige Processer afspejle sig i den simpleste Celle, var det saa ikke muligt, at der foregik noget, som lignede Livsprocesserne, ogsaa i den rent uorganiske Materie, og kan vi i det hele taget skarpt drage Grænsen mellem det livløse og det levende? Eller har vi blot et Middel, et Reagens, ved Hjælp af hvilket vi altid kan afgøre, hvor der er Liv og hvor ikke?

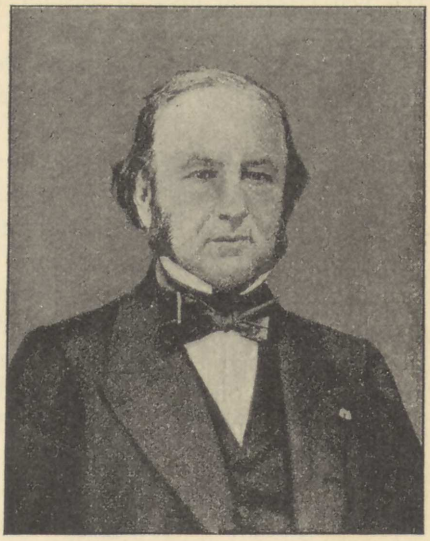


Fig. 7. Claude Bernard (1813—1878). Genial fransk Fysiolog, der har skrevet aandfulde Værker om Dyrenes og Planternes almindelige Livsytringer og har store Fortjenester ved sine Studier over Fordøjelsen, Sukkersyge, Nervefysiologien og bedøvende Midlers Indflydelse paa Organismen.

Lad os da høre hvad en stor Aand som f. Eks. den franske Fysiolog Claude Bernard svarer herpaa. Han siger: Hvad Livet er, kan ikke defineres i en kort Sætning, det kan kun karakteriseres ved en Række Ejendommeligheder, der maa sammenholdes for at give os et Billede af, hvad der udmærker det levende fremfor det livløse. Ti flere af disse Karakterer kan vi ogsaa finde enkeltvis og mer eller mindre tydeligt udtalte i den livløse Natur, saa det nærmest bliver Helhedsbilledet, der bliver afgørende ved Konstateringen af, om der er Liv til Stede eller ej. Og hvad der kan volde de allerstørste Vanskeligheder i denne Sag, er, at Livet ofte er latent (ɔ: skjult) tilstede, uden at man kan konstatere Tegn paa Liv[1]).

[1]) Andre Forskere har vel ment virkelig at kunne give en Definition paa Livet, som Max Verworn, der siger: »Livet bestaar i et Stofskifte af

Skønt hele den følgende Fremstilling skal tjene til at give et saadant Billede af Livet og forsøge at bringe en om end ufuldkommen Forstaaelse af nogle af de vigtigste Livsprocesser, skal vi straks her, for at give et Slags foreløbigt Overblik over, en Orientering i, det ret indviklede Spørgsmaal, kort fremhæve nogle af Livets Særkendemærker og paapege Vanskelighederne ved ved Hjælp af disse at adskille det levende fra det livløse.

Claude Bernard siger, at det levende kan karakteriseres ved 1. en bestemt Organisation, 2. dets Evne til Forplantning, 3. dets Stofskifte, 4. dets Udvikling og 5. derved, at det hører op med Døden. Hertil kan nu nok med Rette føjes andre karakteristiske Ejendommeligheder som Bevægelses- og Tilpasningsevne, og vi skal da kortelig gennemgaa hver enkelt af disse.

1. Organisationen, den finere Bygning eller Strukturen i det levende Stof, synes at være af en særegen Art. Dog ikke saaledes at forstaa, at det er den kemiske Sammensætning, det her kommer an paa. Ti det levende kan dø, uden at det — efter al Sandsynlighed — behøver at forandre kemisk Sammensætning, og man kan kunstigt lave Forbindelser, der i kemisk Henseende er ganske identiske med dem, der forekommer i den levende Organisme. Det er derimod sikkert den fysiske, rumlige Struktur, der hos det levende er af en egen Art og udmærker sig ved sin Mangel paa Ligevægt indenfor de enkelte Smaadele, Molekulerne. I disse befinder Atomerne eller endnu mindre Dele, Korpuskulerne, sig, mener man, i hæftige Svingninger, saa der er en stærk Tilbøjelighed til Henfald og til stadig Dannelse af nye Grupperinger. Derfor forandrer det levende Stof sig uafladeligt under Livsvirksomheden, ligesom under Paavirkning af en vis Spændkraft, der slappes og ophører, naar Døden indtræder, og dermed Strukturen for bestandigt ødelægges.

Men i den livløse Natur er der dog, selv i de tilsyneladende mest bestandige Forbindelser, heller ikke absolut Ligevægt og Ro. Ogsaa her er der Henfald og Forandringer, hvorpaa Forvitringen af Jordskorpens faste Masse i Tidens Løb er et slaaende Eksempel; kun gaar det her som Regel meget langsommere under de almindelig givne Naturforhold. — Forskellen i Organisation og i Smaadelenes Svingningshastighed mellem livløst og levende er

---

Æggehvideforbindelser« (Allg. Physiologie IV. Aufl. (1903) p. 145); men nogen egentlig Forklaring er dette dog næppe.

da maaske nærmest en Gradsforskel, men hvorpaa denne beror, derom ved vi foreløbig intet.

2. Det ejendommelige Stofskifte, der foregaar i den levende Celle, er en meget sammensat Fremtoning. hvis enkelte Stadier vi ikke ved fuld Besked om, men for hvilket vi dog er i Stand til at drage nogle Hovedlinjer. Det levende Stof har en mærkværdig Evne til at optage livløst, ja ofte rent uorganisk, Stof i sig, assimilere det og gøre det levende. Dette sker under al Ernæringsvirksomhed, og denne Proces tjener dels til at skaffe Byggemateriale til Forøgelse af den levende Stofmasse, dels til at frembringe Kraft (Energi), idet enten noget af det optagne Stof tjener som en Slags Brændsel, ellet det træder i Stedet for den Del af det levende Stof, der maa undergaa lignende Forandringer. Den Del af Stofskiftet, der bestaar i Næringsoptagelse og Assimilation, er da i Virkeligheden en Slags Skabelsesakt, en Overgang fra livløst til levende, hvis finere Mekanik vi desværre slet ikke forstaar og derfot heller ikke er i Stand til kunstigt at gøre efter. Men samtidig foregaar der altid den modsatte Proces, en Hendøen, Destruktion, af levende Stof, der ikke bestaar alene i en Strukturforandring, men ogsaa i kemiske Omdannelsesprocesser, hvorved der opstaar Stoffer, som det levende skiller sig af med. Slutningsprodukterne af saadanne Omdannelser er f. Eks. den Kulsyre, der udskilles ved Aandedrættet, eller de Stoffer, det dyriske Legeme udsondrer med Urinen.

3. Nær forbunden med Stofskiftet, som Lysudvikling kan være knyttet til en Forbrænding, er et Energiskifte, en Kraftveksel, der ogsaa ofte er af en ejendommelig Art i den levende Organisme. Denne er i Virkeligheden at betragte som en Transformator, der kan overføre de forskellige Energiformer i andre. Naar Solen f. Eks. skinner paa de grønne Planter, omformer disses bladgrøntførende levende Stof Lysenergien til kemisk Energi, der nedlægges og opmagasineres i organiske Stoffer, som Planten samtidigt danner af de uorganiske Forbindelser, Kulsyre og Vand. Dette er en for Planterne og alt levende overordentlig vigtig Ernæringsproces, som vi udførligt senere kommer tilbage til, men denne er kun Indledningen til en lang Række andre Energiskifteprocesser, idet den kemiske Energi i de organiske Stoffer enten i Plantens eget Legeme eller i de Dyrs, der ernærer sig af den paagældende Plante, omsættes snart til Varme, snart til mekanisk Kraft (Bevægelse), eller til psykisk Energi, for saa

vidt en saadan eksisterer som en speciel Energiform, osv. Og alle disse Omsætninger foregaar ganske lovmæssigt, i bestemte Forhold, efter Ækvivalentloven, saaledes at en vis Mængde Energi i een Form altid svarer til en bestemt Mængde Energi i en anden Form.

Medens selve Stofoptagelsen og Assimilationen af Næringsstoffer vistnok ikke kan analogiseres med nogen tilsvarende Proces i den livløse Natur, finder vi der let noget, der svarer til Stofnedbrydningen (i de almindelige Forbrændingsprocesser) og til Energiskiftet, paa hvilken vi har talende Eksempler i Dampmaskinen og Dynamoen eller i de spontane Bevægelser, som forskellige Stoffer under deres Kredsløb i Naturen foretager: Vandets Fordampning og den dermed forbundne Transport af Vandmolekulerne op i Luften skyldes saaledes en Omsætning af Sollysets og Solvarmens Energi i Bevægelse. Men Organismerne er rigtignok ganske særlig fint og sindrigt byggede Krafttransformationsmaskiner, og denne Egenskab hos dem er noget overordentlig ejendommeligt for det levende, der absolut bør medtages, hvor det gælder om at karakterisere dette.

4. Formskifte, Vækst og Udvikling, er ogsaa noget, der i ganske særlig Grad er ejendommeligt for det levende. Ingen Organisme kommer færdig dannet til Verden, men den gennemløber i Begyndelsen af sin Tilværelse en Udvikling, der bestaar i en Vækst og ofte medfører en total Formforandring, saa det ældre Væsen udvortes kan være helt forskelligt fra det ganske unge. Men for det enkelte Individ foregaar denne Udvikling altid efter en bestemt Plan, i en af ukendte, »indre« Aarsager bestemt Retning. I de allerførste Stadier af Udviklingen er de fleste Organismer mærkværdig ensartede, idet de da bestaar af en eneste eller nogle faa Celler, af hovedsageligt samme Form og Størrelse hos de mest forskelligartede Væsener. Men selv under ganske ens ydre Forhold udvikler disse Celler sig hver for sig paa karakteristisk Maade og bliver som de Forældres, der frembragte dem. Vel kan det enkelte Individ i visse enkelte Egenskaber komme til at afvige fra dets Ophavsorganisme, kan variere en Smule, men Grundplanen i dets Organisation bliver først gennem mange Generationer væsentlig ændret fra den oprindelige Type, saa Gangen i Udviklingen gennem lange Tidsrum kan forfølges. Og regner vi med Generationer i Stedet for med Individer, saa ser vi i hines Udvikling ogsaa et Udtryk for den Mangel paa Lige-

vægt, der hersker i den levende Natur, idet der stadig opstaar nye Former, og de gamle meget ofte efter en vis Tids Forløb ganske forsvinder blandt de levendes Tal.

Som en Analogi til Organismernes Vækst og Udvikling anføres ofte Krystallers Evne til at vokse og den Udvikling, der har fundet og stadig finder Sted i de forskellige Klodesystemer fra Taagemasser til glødende, flydende og tilsidst mørke, faste Legemer. Men disse Ligheder er dog af en mere ydre, rent billedlig Art. Den Maade, hvorpaa Væksten og Udviklingen foregaar her, er en ganske anden end i den levende Natur.

5. Forplantningsevnen er vel ikke noget, man kan sige er uadskillig knyttet til et hvert givet Tidspunkt i en Organismes Liv, men det er paa den anden Side af denne Evne, Livets fortsatte Opretholdelse beror, da intet levende Væsen hidtil vides at kunne opstaa paa anden Maade end ved en Forplantningsakt. Og hele den Maade, paa hvilken Forplantningen foregaar, er ogsaa noget overordentlig karakteristisk for den levende Natur, om den end ikke altid finder Sted efter samme Skema. Til dette Æmne vil vi ogsaa senere saa udførligt komme tilbage, at vi her kan nøjes med at betone det overordentlig vigtige Faktum, at Organismerne kun opstaar ved Forældre, og at man ikke, hidtil i hvert Fald, kunstigt har kunnet danne dem, som man danner en livløs kemisk Forbindelse ved at komponere dens enkelte Elementer.

6. Tilpasningsevne og Selvregulering. Vi skal senere se, i hvilken uhyre Grad de levende Væsener er afhængige af de ydre Kaar, hvorunder de lever, og da disse ofte kan være meget vekslende, har det den største Betydning for Organismerne, at de har en mere eller mindre fremtrædende Evne til at læmpe sig efter Omgivelserne baade i Henseende til Bygning og fysiologiske Funktioner. Der foregaar da stadig det fineste Vekselspil mellem det levende Væsen og den livløse Yderverden, der paa mangfoldige Maader kommer til at præge Individet og sandsynligvis ogsaa gennem længere Tidsrum paa en eller anden hidtil ukendt Maade fremkalder Dannelsen af helt nye Former med arvelige Egenskaber. Hertil hører ogsaa den Egenskab, man kalder Irritabilitet eller Evnen til straks at reagere paa ydre Indtryk, der er saa overordentlig fremtrædende hos de med Nervesystem forsynede Dyr, men som der forøvrigt ogsaa kendes en Mængde Eksempler paa fra Planteriget. Den levende Oganisme maa da

betegnes som i højeste Grad plastisk og følsom, saaledes at tilsyneladende smaa Indtryk udløser eller foraarsager store Virkninger. — Man har dog ogsaa hertil villet søge visse Analogier i den livløse Natur, i Sprængstofferne, der ved Indvirkniug af et lille Slag eller en Gnist frigør mægtige mekaniske Kræfter, eller i den fotografiske Plades overordentlige Følsomhed overfor Lysindtryk. I begge disse Tilfælde beror vel Virkningen paa en Forstyrrelse af Ligevægten i Molekuler, hvorved ogsaa de fysiologiske Reaktioner til syvende og sidst maa forklares, men der er dog saa mange gennemgribende Forskelligheder mellem Livsprocesserne og de andre, saa ogsaa her bliver Sammenligninger mere af rent ydre, billedlig, end af reel Art.

7. Bevægelsesevnen hos en Mængde levende Væsener, navnlig naar den giver sig Udslag i en Selvbevægelighed bort fra Stedet, bestemt af indre Aarsager og derfor med Præget af at være en vilkaarlig Handling udført med en bestemt Hensigt, har tidligt været anset for et Privilegium for det levende, ja, til Tider endogsaa, som det, der adskiller det levende fra det livløse, idet man da alene tillagde de selvbevægelige Dyr i Modsætning til Planterne Liv. At Bevægelsesevnen og Bevægelsesmaaden er noget overordentlig karakteristisk for det levende og noget, der paa det nøjeste er knyttet til al Livsvirksomhed, idet der vel i enhver levende Celle foregaar Bevægelser, behøver næppe stærkere at fremhæves. Men her maa man dog ogsaa minde om, at der foregaar storslaaede og ofte mærkværdige Bevægelser ude i den livløse Natur, fremkaldte af rent kemiske og fysiske Processer, som Klodernes Bevægelser, mange Stoffers Kredsløb, som Vandets, der af Solen bringes til Fordampning ved Havets Overflade, derfra stiger op i Luften, fortættes til Skyer, driver ind over Landene, falder ned som Regn og Sne og før eller senere igen finder Vej til Havet gennem Floderne, eller Diffusionsbevægelserne, der indtræder ved Blandingen af opløselige Stoffer, og de Bevægelser, navnlig af Luftarterne, som Svingninger i Temperaturen fremkalder (Vindene).

8. Men endelig er maaske **Døden**, med Skrøbelighed og Sygdom i Følge, der før eller senere afbryder det enkelte Individs eller i hvert Fald en bestemt levende Stofmasses Tilværelse, det allermest karakteristiske Særkendemærke paa Livet.

Forøvrigt kan der diskuteres om, hvorvidt nu ogsaa alle levende Væsener maa dø, og om der i Virkeligheden ikke eksisterer

Individer, der, teoretisk talt i hvert Tilfælde, kan siges være i Stand til at leve evigt, omend de da stadig maa forny deres levende Stof ved Inddragen af livløst Materiale i det levendes Kredsløb. Smaa Væsener som Bakterierne, der formerer sig paa den simple Maade, at den Celle, der udgør hele Individet, efter at have naaet sin vokne Størrelse deler sig i to, der hver for sig efter nogen Tids Forløb atter deler sig i to levende Celler o. s. fr. i det uendelige, maa egentlig opfattes som Organismer med ubegrænset Levetid, hvor ikke ydre Vold, Gifte, Sult, høj Varme o. l. sætter en Grænse for denne. Og noget lignende kan siges at være Tilfældet med flere andre Organismer, der formerer sig ved simpel Deling, som Planter, der formerer sig ved Stiklinger, ved Knolde, Udløbere osv., hvor faktisk en Del af Individet lever videre efter Sønderdelingen.

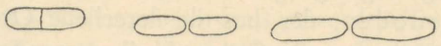


Fig. 8. Skema a en Stavbakterie i Deling.



Fig. 9. Jordbærplante med Udløbere, paa hvilke Rosetter udvikler sig til selvstændige nye Planter.

Her møder os ganske vist den Vanskelighed, at det ikke altid er let at definere, hvad vi skal forstaa ved et Individ (se senere) og at der er en Mængde Overgange fra Forplantning gennem simpel Deling og ved vegetative særlige Forplantningsorganer til ved enkelte Forplantnings- og Kønsceller. Og disse sidste betyder jo for saa vidt en Fortsættelse af Individets Liv i andre Individer, en fortsat Opretholdelse af levende Stof, der kan føres saa langt tilbage som til den paagældende Livstypes Oprindelse, eller maaske endog til det første levende Væsens Oprindelse paa Jorden, og tænkes ført saa langt frem i Tiden, som Livet overhovedet vil vedblive at eksistere.

Men i de fleste Tilfælde har jo rigtignok det, vi forstaar ved et Individ, en tydeligt begrænset Tilværelse, ganske vist af meget forskellig Længde. Medens f. Eks. Baobab-, Dracæna- og Oliventræer vides at kunne blive flere Tusinde Aar gamle, eksisterer

der en Mængde højere Planter, hvis Liv normalt kun varer nogle Maaneder (de saakaldte enaarige Planter) eller 2 Vækstperioder (toaarige Planter), ja, Dyr, som Døgnfluer, der som fuldkomne Insekter kun lever nogle faa Nattetimer.

Naar f. Eks. alle varmblodige Dyr har en forholdsvis begrænset Levetid, saa kommer dette vistnok hovedsageligt af, at deres Nervevæv er saa overordentlig forgængeligt. Et er nemlig Individets Død, et andet Celledøden, der hos de flercellede Organismer ikke indtræder samtidig for alle Cellers Vedkommende. Legemet hos de højere Organismer dør i Reglen sukcessivt, lidt efter lidt, saaledes at man kan tale om en partiel Død, en Nekrobiose. Naar f. Eks. Nervevævet er dødt, og Hjærtets Bevægelser dermed standsede, behøver dette i Virkeligheden ikke selv at være dødt, men vil en Tid endnu kunne bringes til at slaa ved kunstige Midler, da dets Muskelceller endnu en Tid kan være levende. Forskellige andre Muskler, Luftvejenes Fimreepithel og de hvide Blodlegemer kan ogsaa leve Timer eller Dage, efter at Blodomløbet er standset, og det almindelige Stofskifte er ophørt. Men naar visse ædlere Dele af Legemet er døde, er Livets fortsatte Opretholdelse umuliggjort, saa man dog praktisk talt meget vel kan afgøre, naar Individets Leveevne er uigenkaldelig tabt.

Men hvad enten der nu kan diskuteres om, hvorvidt visse Organismer kan leve evigt eller ej, og man maa indrømme Forskellen mellem Individets Død og Celledøden, saa er i det store og hele Begrebet Død baade fysiologisk og psykologisk en nødvendig Forudsætning for Begrebet Liv. De to tilsyneladende Modsætninger er i allerinderligste Forstand saaledes knyttede sammen, at de danner Betingelse og Baggrund for hinanden.

Vilde man tænke sig Dødens Ophør og de levende Væseners fortsatte Eksistens, vilde der i Virkeligheden snart indtræde en Tilstand, der savnede noget af det allervæsentligste af det, der nu kendetegner Livet og gør dette værdifuldt, og det samme vilde efter lidt længere Tidsrum indtræde, hvis blot en enkelt Slags levende Væsener, som f. Eks. Mennesket, fik Lov at føre en fortsat Tilværelse.

Men lad os gøre et saadant Tankeeksperiment. Enten nu alle Organismer hørte op med at dø, eller blot en enkelt Gruppe som Menneskene fik dette Privilegium, men de ellers foreløbig

levede paa deres vante Vis, bl. a. formerede sig som tidligere, saa vilde man kunne regne ud, naar det Tidspunkt kom, da Jorden vilde være saa overfyldt af levende, at det ligefrem vilde knibe med at finde Plads paa den. Men før dette Tidspunkt kunde tænkes at indtræde, vilde en anden Ulempe ved den nye Ordning gøre sig gældende. Der vilde nemlig snart blive Mangel paa Føde. Nogle af de Stoffer, der udgør Organismernes væsentligste Næring, og hvoraf selve det levende Stof bl. a. bestaar, Kulstof og Kvælstof, findes i saa forholdsvis smaa Mængder paa vor Klode[1]), at der kun kan eksistere en ret begrænset Mængde levende Væsener, omend adskilligt flere end dem, der nu lever. Og Konsekvensen af disse Forhold maatte da blive, at Organismerne efter en vis Tids Forløb enten maatte ophøre med at formere sig eller med at tage Føde til sig, i sidste Tilfælde maatte da ogsaa Stoftab eller praktisk talt hele Stofskiftet og Energiskiftet ophøre, og man vil da let indse, hvilket Vrængbillede af Livet man saa vilde have for sig, eller rettere sagt, at det vilde være et Liv ganske uden Værdi, hvis man i det hele taget længere vilde kunne tale om Liv i den Forstand, hvori vi nu opfatter det. Med Forplantningen maatte ogsaa Vækst og Udvikling ophøre, alt vilde blive Uvirksomhed, Ensformighed, Stagnation og sikkert noget, der blev langt værre end Døden.

Derfor hører Døden saa inderligt med til Livets Begreb, at det ikke kan skilles derfra, idet Livet i sig selv samtidig bestaar i Nyskabelse og Ødelæggelse — af levende Stof. Døden er Betingelsen for Livets stadige Fornyelse — og denne hører netop til de aller lyseste og værdifuldeste Sider ved Livet. »Den enes Død, den andens Brød« er en Lov, der ikke alene gælder i Menneskelivet, men for alt levende ude i Naturen. Stoffet, hvoraf de levende Væsener bygges, vandrer ustandselig fra den ene over i den anden, smeltes om i andre, og — i Følge Udviklingens Love — bestandig nye Former. Naturen staar her som den store Kunstner, der frembringer en Uendelighed af Variationer med det samme Materiale, danner stadig mere og mere indviklede og højt udviklede Organismer, i det den ligesom stræber efter Fuldkommenheden.

---

[1]) Man har beregnet, at Jordskorpen i en Dybde af 10 Kilometer tilsammen med den atmosfæriske Luft kun indeholder c. 0.2 Procent Kulstof og c. 0.02 Procent Kvælstof af den samlede Stofmasse.

Døden er altsaa en saare naturlig Ting og burde med lige saa stor Ret betragtes som det levendes Ven som dets Fjende. Men naar den dog for Menneskene som Regel staar klædt i Skrækkens og det uhyggeliges Klædebon, saa hidrører dette dels fra religiøse Forestillinger, dels derfra, at den saa ofte indtræder for tidligt, og Livet udslukkes ved voldsomme Midler, som Følge af Beskadigelser, Sygdom, Sult eller andre ulykkelige sociale Forhold. Den kommer saa ofte paa uventede og ubelejlige Tider uden at tillade Forberedelse. Og dette gælder ikke alene for Menneskenes, men ogsaa for de øvrige Organismers Vedkommende. Naturen viser her ingen Barmhjærtighed. En Mængde Skabninger, ja de fleste, er henviste til at dræbe andre for selv at leve, hvilket ikke alene gælder for de kødædende Dyr, men i lige saa høj Grad for de fredelige Planteædere, lige som Planterne indbyrdes ogsaa kæmper paa Liv og Død. Og i det store og hele vil det sikkert vedblive at være saa ude i Naturen, at denne Pris maa betales for Livet. Naturen tillader ikke nogen Sjæl at falde i fuldkommen Ro, og maaske er denne Utryghed ogsaa en æggende Spore for det enkelte Individ til at holde sig ungt og stærkt saa længe som muligt. Uden Tvivl erhverves mange for Livet værdifulde Egenskaber netop gennem denne Kamp.

Men Mennesket har dog virkelig Midler i Hænde til for sit Vedkommende at fjærne noget af Dødens Rædsel uden derfor at sætte andre Værdier overstyr. Og selve dette er et vigtigt Maal for dets Forsken og Stræben. Videnskabsmænd har bl. a. sat sig som Opgave at udrydde eller uskadeliggøre de farligste Sygdomme, ikke alene ved Helbredelse men ogsaa ved Forebyggelse, idet de vil lære os, hvorledes vi bedst styrker vort Legeme og vor Sjæl, og hvorledes man bekæmper de Fjender, som truer disses Sundhed. Dette Arbejde er mangesidigt, og det endelige Maal ligger vel langt ude, men hører dog ikke til dem, man behøver at mistrøste om at naa. Lægevidenskaben har i de sidste Aar ikke alene ved Bekæmpelsen af Sygdomme — navnlig blandt Børn — naaet i udstrakt Grad at nedsætte Dødelighedsprocenten i de civiliserede Samfund, men Menneskets gennemsnitlige Levealder er samtidig bleven betydeligt forøget, og dette maaske ikke mindst ved de Forbedringer i sociale Kaar, som Samfundsreformatorer, Politikere og alle, der arbejder med paa at faa Jordens Rigdomskilder til at flyde rigeligere, har medvirket til og bestandig stræber efter. Der er da ogsaa Grund til at

vente, at den almindelige Livslykke, der vel for aller største Delen er baseret paa Sundhed, i betydelig Grad vil forøges. Nutidens Interesser for Sport og landlige Sysler, den stigende Respekt for og Kærlighed til rent legemligt Arbejde, og Forstaaelsen af, hvorledes overdreven Brug af Nydelsesmidler, som Alkohol o. a. Stimulantier, i Virkeligheden kun medfører et Skaar i Menneskets Livsglæde, er store Fremskridt og glædelige Tegn i den Retning.

Den Dag kommer saa maaske en Gang, da Døden for Mennesket som Regel virkelig bliver en naturlig Ting, og den derfor faar en ganske anden Karakter end nu, da det bliver en Død af Alderdom, der kommer som en rytmisk Afslutning paa Livet, som en kærkommen Hvile efter Livets Arbejdsdag, som Søvnen efter hver Dags Arbejde. Og da vil i Sandhed Videnskaben have fejret en Triumf og nok være de Ofre værd, som Samfundene har bragt paa dens Alter.

Det latente Liv. En af Vanskelighederne ved at erkende Livet og skelne livløst fra levende, var imidlertid, som før omtalt, at Livet kan være tilstede, uden at der viser sig noget Tegn paa Liv, at det kan være i latent, skjult Tilstand. Og dette er en Sag, der ikke blot er af stor teoretisk Interesse, men ogsaa af overordentlig praktisk Betydning

Det kan saaledes ikke umiddelbart erkendes paa en Prøve Frø af Planter, om de er spiredygtige eller ej. Døde og levende Frø kan se ganske ens ud, og for at faa Spørgsmaalet afgjort, maa der anstilles et Forsøg: man maa ligefrem prøve, om Frøene vil spire eller ej. Men her møder ofte nye Vanskeligheder. Flere Frø spirer kun meget langsomt eller under Kaar, som kan være vanskelige at skaffe tilveje, og andre spirer overhovedet ikke en vis Tid, fra Dage til Aar, efter Modningen, fordi de har en saakaldet Hvileperiode, under hvilken Kimen i Frøet ligesom ligger i en saa dyb Søvn, at den ikke er til at vække, og den næsten ikke giver noget Livstegn fra sig. Og i en Frøprøve kan de enkelte Frø befinde sig i forskellige Stadier af denne Hvile, saa man ikke altid, fordi de ikke spirer, kan afgøre bestemt, at de heller ikke vil kunne spire, med mindre de ved at raadne giver til Kende, at de er døde, — noget der imidlertid paa Grund af en eller anden uheldig Omstændighed kan være indtraadt under Forsøget. Man ser, at dette Forhold i det praktiske Liv kan give Anledning til Forfalskninger ved Indblanding af gammelt, overgemt Frø i en

friskere Vare, og at det ogsaa paa anden Maade kan volde Vanskeligheder. — Noget lignende kan være Tilfældet med Sporer, Kim, af Bakterier og Svampe, der kan synes døde paa Grund af Udtørring, eller fordi man ikke har det i sin Magt at byde dem de nødvendige Spiringskaar, medens de saa, naar de tilfældig kommer under saadanne, kan vaagne til Liv og volde Ulykker.

En Mængde forskellige Planteorganer, særlig Forplantningsorganer, kan gaa i en saadan Tilstand, at Livet nedstemmes til det mindst mulige eller synes helt udslukt. Lav Kulde eller Udtørring er ydre Faktorer, der ofte medfører dette, og herunder er Livet ligesom suspenderet, saa saadanne Planter eller Plantedele kan blive langt ældre end under sædvanlige Forhold, aabenbart fordi der i denne Tilstand ikke slides paa Livsmaskineriet.

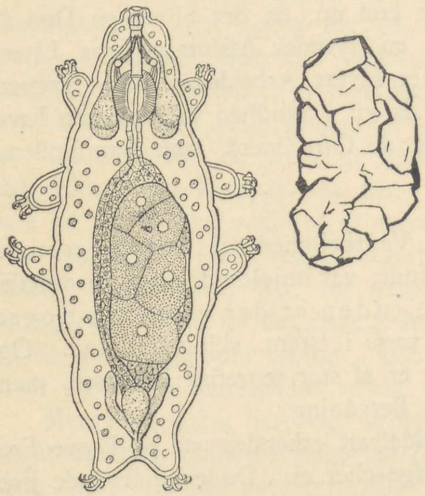


Fig. 10. Bjørnedyr (*Macrobiotus Hufelandi*), tilvenstre i levende, tilhøjre i indtørret, skindød, Tilstand.

Men dog kan Levetiden ikke derved forlænges i det uendelige. Før eller senere dør alligevel saadanne Planter. Det er saaledes en Saga, at man skulde have fundet spiredygtige Hvedekorn i gamle ægyptiske Grave af samme Alder som de Mumier, der hvilede i dem. Men man har dog troværdige Angivelser for, at f. Eks. Frø af Bønner og Tobak kan blive over 100 Aar gamle uden at miste deres Spireevne, og at hele Mosplanter kan taale Indtørring i flere Aar uden at dø.

Disse Fakta fra Planteriget, hvor man i Almindelighed ikke venter at finde saa intensivt Liv, forundrer dog maaske ikke saa meget, som hvad man af lignende har truffet i Dyreriget.

Paa Barken af Træer, i Tagrender, paa Huller i Stene o. l. Steder kan man finde nogle mærkelige smaa Dyr, der kaldes Bjørnedyr eller Tardigrader, som trods deres Lidenhed er temmelig højt udviklede, med tydelige Lemmer, Fordøjelseskanal, Nervesystem osv. og som, naar der er en passende Fugtighed til Stede, kryber om-

kring og viser alle Tegn paa, at de er levende. Men hvis de indtørrer, skrumper de sammen, bliver ganske uformelige, saa ingen af deres Organer kan erkendes, og de snarere ligner et Sandkorn. Og i denne indtørrede Tilstand kan de ligge i flere Aar, uden at de viser mindste Tegn paa Liv. Bliver de derefter befugtede, vaagner de til Live igen, svulmer op, antager deres normale Form og Udseende, og efter nogle Timers Forløb kan de atter være i fuld Aktivitet.

Lignende Forhold er kendte fra Hjuldyrene, der gaar i en saadan Dvaletilstand, naar de Vandpytter, i hvilke de kan forekomme i talløse Mængder, tørrer ind ved Indvirkning af Vind og Sommersol, medens det straks efter, at der er kommen en Væde, atter mylrer med Liv paa saadanne Steder. Og mange Amoeber, Infusorier, Hvedeaal m. m. forholder sig paa samme Maade.

Og endnu højere Dyr har samme Evne til at indstille Livet. Snegle, der mod den ugunstige Aarstid kryber ind i deres Skal og lukker den til med et Laag, gør dette saa grundigt, at der ikke kan trænge nogen som helst Luft ind til Dyrenes Legeme, og de indstiller derfor ogsaa helt deres Aandedræt. Saadanne Snegle har kunnet ligge lange Tider nedsænkede i Olje eller Kvægsølv, der ganske umuliggør Luftadgang, uden at de derved har sat Livet overstyr, og de har kunnet taale at stivfryse Maaneder igennem ved overordentlig lave Kuldegrader (se senere), hvor alle Livsprocesser er ophørte, men Livsevnen dog usvækket er bevaret. — Med Frøer lader lignende Eksperimenter sig let anstille. De kan lade sig stivfryse saa vidt, at baade Blod og Hjærte bliver til Is, og Aandedrættet da selvfølgelig helt hører op, men ved forsigtig, ikke alt for hurtig, Optøning kan de dog i Løbet af nogle Timer genoptage Aandedrætsvirksomhed, Bevægelser osv., som om intet var passeret dem.

Og helt op til de varmblodige Pattedyr kan man træffe Fænomener, der nærmer sig disse. De vintersovende Pattedyr tilbringer jo flere Maaneder uden at tage Næring til sig. Legemets Stofforbrug, Aandedræt o. l., maa derfor nedsættes i tilsvarende Grad, saa de i hvert Fald har nok at tære paa i deres eget Huld. Og faktisk foregaar Blodomløbet derfor ogsaa meget langsomt, Legemstemperaturen gaar mange Grader ned under den normale, og Søvnen bliver saa dyb, at der saa at sige ingen Bevægelser foregaar.

Ja, man har endogsaa Eksempler paa, at Mennesker kan bringe sig i lignende Tilstand. Selv om man vil tage sine Forbehold mod de æventyrlige Beretninger om de indiske Fakirers Kunststykker at lade sig levende begrave, indmure i Klippehuler o. l. gennem flere Maaneder — noget man efter vor nuværende Viden om Dvaletilstande slet ikke tør afvise som utænkeligt — saa foreligger der Videnskabsmænds Beretninger om Eksperimenter, der er udførte under stræng Kontrol med hysteriske Individer, som har kunnet bringes i fuldstændig dødlignende Tilstand, i hvilken Hjærtet holdt op at slaa, Aandedrættet standsede, og Temperaturen sank flere Grader under den normale. En saadan Evne til vilkaarligt at bringe sig i »skindød« Tilstand havde f. Eks. ogsaa den engelske Oberst TOWNSEND, der gjorde dette »Kunststykke« under tre videnskabelig ansete Lægers Kontrol. — Og muligvis kan enkelte af de talrige, mest ganske løse, Beretninger om »Skindød« være af samme Beskaffenhed, selv om de dog maa anses for at være yderst sjældent forekommende Tilfælde.

For dem, der har villet søge at forklare Livets egentlige Væsen, har dette latente Liv voldt store Vanskeligheder, da det ikke lader sig bringe ind under nogen Formel eller Sætning, der skal udtrykke det særlig karakteristiske ved Livet. Men da disse Tilstande aabenbart ligger paa Grænsegebetet mellem det levende og det livløse, har de ogsaa i sig selv en stor Interesse som Genstand for den biologiske Forskning.

For øvrigt er det latente Liv, som CLAUDE BERNARD saa træffende har betonet, et slaaende Eksempel paa, hvor intetsigende Talen om en særlig »Livskraft«, der skulde sætte Livsmaskineriet i Gang, er, og hvor afhængig dette er af rent fysiske, kemiske Faktorer, af Varme, Fugtighed, Ilt o. l. Fraværelsen af en af disse i tilstrækkeligt Maal bringer Organismen i en fuldkommen Uvirksomhedstilstand, hvilket kan f. Eks. udtrykkes saaledes: »Frøet (i Dvaletilstand) har i sig selv, i sin Organisation, alt, hvad det behøver for at være levende; men det lever ikke, fordi det savner de nødvendige fysisk-kemiske Betingelser (for Livet).«

Vi skal da i det følgende Afsnit se lidt nærmere paa, under hvilke indre og ydre Betingelser Livet er i Stand til at udfolde sig.

II

DE ALMINDELIGE LIVSBETINGELSER

Livskrav og Livskaar.

Skønt vi, som nævnt, endnu staar uforstaaende overfor det, der ligger dybest til Grund for Livsevnen, har vi dog gennem det sidste Aarhundredes Forskning faaet et klart og meget værdifuldt Overblik over de Forhold, under hvilke Livet ytrer sig, og Livsudfoldelse er mulig, samt et ret indgaaende Kendskab til flere af de Faktorer, der kan hidføre Livsmaskineriets Standsning eller helt udslukke Livet. Og vi har lært, i hvilken Grad Livsvirksomheden er afhængig af den enkelte Faktor, saa vi nu er i Stand til i store Træk at skitsere Livets og de enkelte Livsytringers Love, paa lignende Vis som Fysikeren og Kemikeren har kunnet bestemme Loven for den almindelige Tiltrækning, Faldlovene, Lovene for Lydens Bevægelse gennem forskellige Medier, for Legemers Udvidelse ved Varme, for den elektriske Strøms Ledning, for de Forhold, hvori Grundstoffer forener sig med hinanden osv. Ja, mange biologiske Processer har man endogsaa kunnet bringe ind under en matematisk Formel som Udtryk for de Love, de følger, om end dette som Regel er ulige vanskeligere her end for rent kemisk-fysiske Fænomener, der lettere lader sig isolere og forfølge i Detailler end Livets mangfoldige Foreteelser, af hvilke den ene altid griber ind i og modificerer den anden.

Vi har saaledes faaet Kundskab om, hvilke Krav der maa opfyldes, for at Livet i Almindelighed kan udfolde sig, og disse Livskrav kan kort sammenfattes i følgende Sætninger:

1. At Livsmaskineriet — Cellen, Vævene og det, der tilsammen udgør Livsenheden, Individet — er i Orden ɔ: funktionsdygtigt.

2. At Organismen faar en passende og tilstrækkelig Næring, hvorunder Vandet og Luften (Ilten) spiller en særlig vigtig Rolle.

3. At der hersker en passende Temperatur, ikke for lav og ikke for høj.

4. At der for visse overordentlig vigtige Livsprocessers Vedkommende er Lys, af passende Styrke og Kvalitet, til Stede.

5. At der hersker et passende Tryk (Luft- eller Vandtryk).

6. At forskellige skadelige Faktorer, som Gifte i for store Mængder, Radiumstraaler o. l., ikke er tilstede.

Og Forholdet er dette, at er blot en af disse Betingelser ikke opfyldt, nytter alle de andre tilsammen intet som helst. Det siger da sig selv, hvor uhyre vigtigt det er at vide saa nøje Besked om Livskravene som vel muligt.

Men idet der er et vist Spillerum mellem Minimum og Maksimum af den Grad, i hvilken Livskravene kan opfyldes, og det ude i Naturen meget ofte gaar saadan, at Livet maa føres i Nærheden af et af disse Yderpunkter, eller at disse endogsaa overskrides til den ene eller den anden Side, bliver det af mindst lige saa stor Betydning at undersøge, hvilken Indflydelse saadanne Tilfælde øver paa de levende Væsener. Det er i Virkeligheden ofte meget trange Kaar, hvorunder Livet maa føres, og en Mængde Farer af forskellig Art truer det. Dette kan f. Eks. være en eller anden Fejl i Legemsbygningen (medfødte sygelige Anlæg), Sult og Udtørring, for høj eller for lav Temperatur, Beskadigelser eller Drab ved mekaniske Kræfters Indvirkning, ved Lys- og andre Straaler, ved elektriske Strømme og Spændinger, ved Gifte og navnlig ved den indbyrdes Kamp mellem Organismerne, der kan udforme sig som en almindelig Konkurrence om Livsgoderne eller som en direkte Kamp paa Liv og Død, hvilket igen ofte betyder Sygdom, fremkaldt ved, at den ene Organisme snylter i eller paa den anden, medens man i Modsætning hertil ogsaa ofte ser et venskabeligt Forhold til gensidig Hjælp etableret. Kort sagt, det enkelte Individ maa føre en mere eller mindre haard Kamp for Tilværelsen, og det har derfor den største Interesse at undersøge, i hvilken Grad og ved hvilke Midler Organismerne kan være udrustede til at klare sig under ugunstige Livsforhold.

For at forstaa de fundamentale Livsytringer, der kan opfattes som et Produkt af Organismens indre Tilstand og Omgivelserne, maa vi derfor betragte disse enkelte Faktorer hver for sig og i deres indbyrdes Forhold, hvilket vil blive ensbetydende med en Oversigt over Biologien i den snævrere Betydning af dette Ord (se Indl. S. 3).

A. Det materielle Grundlag for og Rammerne om Livet.

1. Organismernes elementære Bygning.

Den fine og indviklede molekulære Struktur, som antages at være ejendommelig for det levende Stof (se S. 20), er noget, man ikke umiddelbart kan iagttage, men som man slutter sig til ved forskellige Egenskaber hos Stoffet. Men forøvrigt er der mange interessante og karakteristiske Bygningsforhold ved den levende Organisme, som man, efterhaanden som vore Forstørrelsesglas, Mikroskoper, er blevne bedre og bedre, og man paa anden Maade, ved Farvning, ved Fremstilling af særligt tynde Snit osv., har lært at lægge Materialet til Rette for en mikroskopisk Undersøgelse, har opdaget og beskrevet. Og til Forstaaelsen af Organismens Virkemaade er det af største Betydning at kende de fineste Enkeltheder i Livsmaskineriets Bygning, hvorpaa de forskellige Deles Sammenspil beror, og hvorfor de Videnskaber, der har de levende Væseners ydre og indre Bygning til Genstand, Morfologien og Anatomien, og da navnlig den sidste, har ydet mindst lige saa vigtige Bidrag til Forstaaelsen af de levende Væseners Vekselvirkning med Yderverdenen og af de enkelte Livsfunktioner som Fysiken og Kemien.

For denne Fremstilling af Hovedtrækkene i den almindelige Biologi vil det være overflødigt at komme ind paa en nærmere Beskrivelse af Organismernes ydre Former, deres Morfologi. Den paa dette Omraade nødvendige Viden er dels almindelig udbredt, fordi det her for det meste drejer sig om Forhold, der direkte kan iagttages, og som navnlig, hvad de finere Forskelligheder angaar, har faaet Betydning for Klassifikationen, Systematiseringen, af de levende Væsener, dels vil den tit kunne indflettes paa passende Steder i det følgende, hvor den skal tjene til at belyse et eller andet særligt Fænomen. Men den indre Bygning, Cellens og Vævenes Ejendommeligheder, der ikke saaledes direkte lader sig iagttage, og som netop viser saa forbavsende mange fælles Træk hos de i ydre Henseende mest forskelligartede Organismer, skal der her gives en sammenfattende Oversigt over.

Grovere Træk i den indre Bygning, navnlig hos de højere Dyr, som Fordøjelseskanalen, Blodkarrene, Skelettet, Nervesystemet, forskellige Organer som Hjærte, Nyre, Milt, Lunger osv., der og-

saa her forudsættes bekendte, har man selvfølgelig kendt fra de ældste Tider, men al vor Viden om saadanne Elementer, der kræver flere Ganges Forstørrelse for at kunne iagttages, har man først erhvervet fra det Øjeblik, man havde lært at frembringe slige Forstørrelser ved at sammensætte Linser til det Apparat, man kalder et Mikroskop. Det var to Brilleglasslibere, Faderen og Sønnen Hans og Zacharias Janssen fra Middelburg i Holland, der omkring Aaret 1590 gjorde denne Opfindelse, der lige ned til vore Dage bestandig har været underkastet Forbedringer, saa man nu ved Hjælp af særlig fine Linser kan frembringe skarpe og tydelige Billeder ved op imod 2000 Gange Forstørrelse (Fig. 13)[1]). Det er da ogsaa først fra Slutningen af det 17de Aarhundrede, at alt, hvad der maa henregnes til Organismernes finere, elementære Bygning, begynder at afsløres for den undrende Menneskehed. Folk, der var forsynede med de nye Forstørrelsesglas, morede sig med at lægge alle mulige Genstande under dem, og ganske naturligt var det da ofte netop selve Glassliberne, som f. Eks. den berømte Antony van Leeuwenhoek (1632—1723) fra Delft i Holland, der gjorde Brug af deres Apparater, og hvem vi skylder Opdagelsen af en Mængde af den usynlige Verdens Hemmeligheder.



Fig. 11. Antony van Leeuwenhoek (1632—1723). Hollandsk Glassliber og Naturforsker. Konstruerede Mikroskoper med indtil 270 Gange Forstørrelse, ved hvis Hjælp han gjorde betydningsfulde anatomiske Studier. Paaviste Sædlegemers almindelige Forekomst hos mandlige Dyr, opdagede en Mængde Mikrober og er bl. a. den første, der har set og afbildet Bakterier. Levede som Privatmand, men var Medlem af lærde Selskaber som »Royal Society« i London.

[1]) Paa Grund af vort Øjes særlige Bygning kan man forøvrigt ikke vente at naa videre i Retning af direkte iagttagelige Billeder. Naar man nu gennem det saakaldte Ultramikroskop kan iagttage Genstande, hvis Størrelse ligger under Synsgrænsen (c. $\frac{1}{10000}$ Millimeter), sker dette i Kraft af Lysindtryk, uden at man opfatter Smaadelenes virkelige Form.

Cellen.

I Aaret 1660 lykkedes det den engelske Fysiker ROBERT HOOKE (1635—1703) at forbedre det sammensatte Mikroskop meget betydeligt, og han benyttede det derefter til at undersøge allehaande Genstande. Bl. a. gjorde han da den Iagttagelse, at forskellige Plantedele som Marven af Hyld og andre Planter, Egens Kork m. m. var bygget op af en Mængde smaa Kamre, der var ordnede paa bestemt Maade og kunde være fyldte med »Saft«. Han kaldte disse Dannelser for »*Cellulæ*«, der netop betyder »smaa Kamre«, den samme Betegnelse, der er anvendt for Fængsels- og Klosterceller, og dette Navn er senere bleven bibeholdt for alle lignende Dannelser i Plante- og Dyrelegemet, skønt en senere Tid har vist, at det, man betegnede herved, ikke netop var Kamre, fordi de ofte manglede den for dette Begreb nødvendige Vægdannelse. HOOKES Opdagelser blev offentliggjorte i et Værk, der udkom 1667.

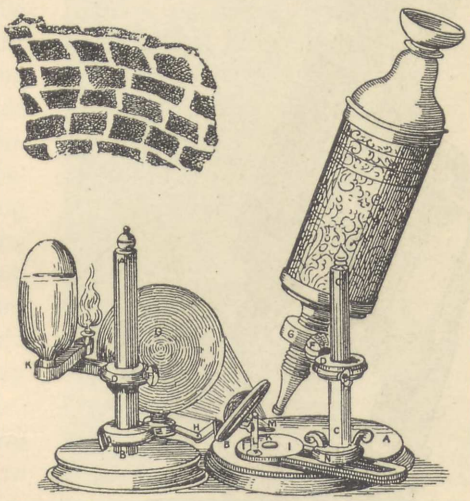


Fig. 12. ROBERT HOOKES Mikroskop 1667 og hans Afbildning af Cellerne i Flaskekork.

Omtrent paa samme Tid beskæftigede to andre Forskere sig indgaaende med lignende Studier, nemlig Englænderen NEHEMIAH GREW (1628—1711) og Italieneren MARCELLO MALPIGHI (1628—1694, Fig. 14), der begge var Læger og uafhængigt af hinanden gav Beskrivelser af flere andre af Planternes finere Bygningsforhold, idet de anfører forskellige Slags Celler og Ejendommeligheder ved Cellehindens Struktur (Stribning o. l.), omtaler Kar og Mælkekanaler og de forskellige Elementers Indhold (af Luft, »Saft« o. l.) samt lader deres Beskrivelser ledsage af for den Tid udmærkede Afbildninger. GREW offentliggjorde sit første Arbejde gennem »Royal Society« i London i 1671, samme Dag som MALPIGHI havde affeveret sit Manuskript til Selskabet, og i de følgende Aar

indtil 1682 foregaar saa Offentliggørelsen af flere af deres Arbejder, Tilligemed LEEUWENHOEK og SWAMMERDAM (1637—1680), der ogsaa undersøgte talrige dyriske Væv med Mikroskopet, maa disse Forskere betegnes som den mikroskopiske Anatomis Fædre.

Disse gamle Anatomer, for hvem Ordet »Celle« virkelig dækkede Begrebet, havde imidlertid ikke faaet Øje paa det væsentligste ved det, vi nu forstaar ved en Celle. Og der skulde gaa ca. 150 Aar, inden man naaede saa vidt. Først i Aaret 1833 blev det paavist af Englænderen ROBERT BROWN (Fig. 15), at der i Orkideernes Celler forekommer et vel afgrænset Legeme, som han kaldte Cellekærnen, og i 1838 slog den tyske Botaniker SCHLEIDEN (Fig. 16) fast, at denne forekommer almindeligt i Planternes Celler, hvor den synes at spille en særlig Rolle ved Cellenydannelser, og at den altsaa ikke var noget tilfældigt Fund af BROWN. Og da Aaret efter Tyskeren SCHWANN (Fig. 17) kunde meddele, at en Cellekærne ogsaa kunde paavises almindeligt i den dyriske Organisme i alle mulige Stadier af dennes Udvikling, saa homologiserede han, idet han fejlagtigt antog, at der ogsaa i det dyriske Legeme almindeligt fandtes Cellehinder, Planternes og Dyrenes anatomiske Bygning og opstillede den uhyre vigtige og forøvrigt rigtige Sætning, at baade Dyrs og Planters Legemer bestaar af Celler og Omdannelsesprodukter af disse, og at Cellen altsaa er Elementarorganet i alt levende.

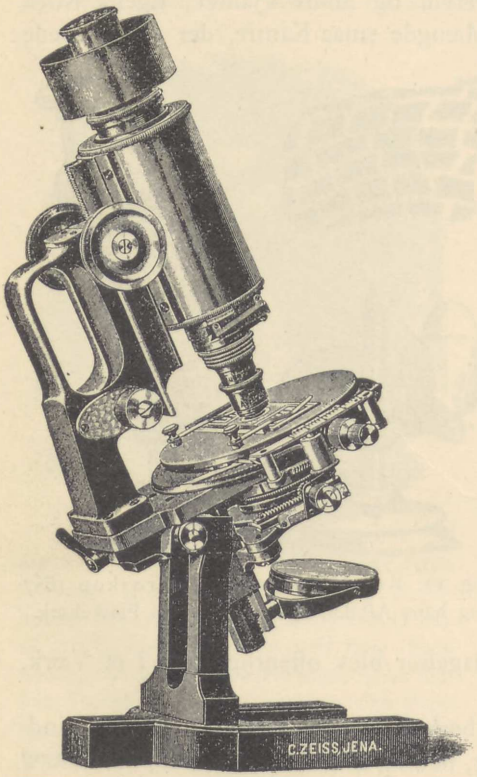


Fig. 13. Moderne Mikroskop fra CARL ZEISS i Jena, med bøjeligt Stativ, bevægeligt Objektbord og Abbésk Belysningsapparat under dette.

Det er vanskeligt at vurdere den eminente Betydning, som

denne Opdagelse og Lære fik for Biologien i de følgende Aar, og Opdagelsen var jo i sig selv ogsaa vidunderlig. Med et Slag var der bragt Enhed til Veje paa et saa vidtstrakt og tilsyneladende saa forskelligartet Omraade, som hele den levende Natur dog er, man havde paa en Gang faaet at vide, hvor man skulde søge efter Livets Hemmeligheder — i den lille Celle, der var Byggematerialet for alle Organismer, og hvor Livet kunde være saa koncentreret, at en eneste Celle kunde udgøre den hele Organisme. Netop i de samme Aar var nemlig en Mængde encellede Væsener blevne opdagede eller nærmere beskrevne, som Gærsvampen og mange forskellige Alger og Infusionsdyr, og det er den samme Periode, i hvilken der var saa frodig en Vækst i den kemiske og fysiske Forskning (se S. 14—15).

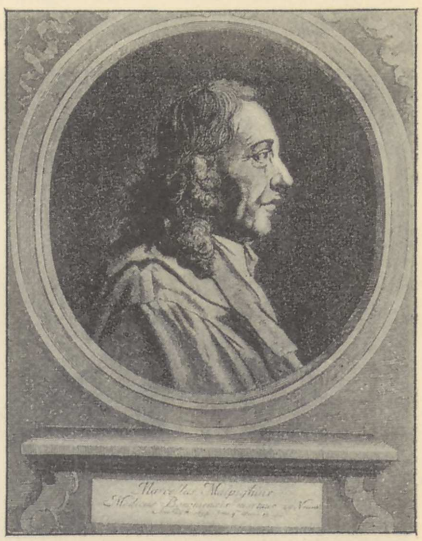


Fig. 14. MARCELLO MALPIGHI (1628—1694). Italiensk Anatom og Læge. Arbejdede med Mikroskoper, der gav indtil 180 Ganges Forstørrelse. Undersøgte hermed Blodet og Bygningen af Lunger, Milt, Hjærne, Nerver m. m. samt som den første (samtidig med Englænderen GREW) Planternes anatomiske Bygning.

Da man snart efter drog den Slutning, at al Sygdom ogsaa er Cellefænomener, som det gjaldt at studere for at finde Sygdommenes Aarsager og finde Midler til deres Bekæmpelse, fik Lægevidenskaben et mægtigt Opsving (Cellularpatologien, udformet og begrundet af den tyske Læge VIRCHOW omkring Midten af forrige Aarhundrede).

Dog var SCHLEIDEN's og SCHWANN's Opfattelse af Cellens Bygning endnu ret ufuldkommen, da de fremsatte deres Celleteori. De opfattede baade Plante- og Dyreceller som smaa Blærer, med en ret fast Hinde, indenfor hvilken der fandtes et flydende Indhold og Cellekærnen som fastere Bestanddel. For dem var altsaa endnu Cellen virkelig et lille Kammer. Men man fandt snart efter, at der foruden Kærnen og en klar Saft i Cellen var en

noget sejgere Slim, der kunde være opfyldt af smaa Korn, og at denne Slim undertiden viste ejendommelige Bevægelsesfænomener. Den tyske Botaniker HUGO VON MOHL gav i Aaret 1846 denne Celleslim Navnet Protoplasma, som den ogsaa senere har beholdt, og dens overordentlige Betydning for Cellen blev snart slaaet fast. Flere dyriske Celler viste sig nemlig hovedsagelig at bestaa af en saadan Slim og slet ikke at have nogen egentlig Cellehinde, og hos mange encellede Væsener, Planter og Dyr, var det samme Tilfældet. Og MAX SCHULTZE paastod derfor (1860), at Cellehinden egentlig er en for Cellen ganske uvæsentlig Del, der ofte mangler, medens det er Protoplasmaet, som er Cellens Hovedbestanddel og den egentlige Bærer af Livet, hvorefter ERNST VON BRÜCKE (1861) udtrykte denne Protoplasmamasses Betydning nærmere ved at sige, at Cellen er en Elementærorganisme i Dyrenes og Planternes ofte meget komplicerede Legeme.



Fig. 15. ROBERT BROWN (1773—1858). Berømt engelsk Botaniker. Har beskrevet en Mængde nye (særlig australske) Planter. Opdagede Cellekærnen hos Planterne, tydede Blomsterbygningen hos Orkideer, Græsser m. fl. og paaviste en Række Enkeltheder i Befrugtningsprocessen og Æggets Udvikling hos Blomsterplanterne.

Til disse Tanker har en senere Tid fuldt ud sluttet sig, efter at den i overordentlig Grad har uddybet vort Kendskab til Protoplasmaets finere Struktur, kemiske Beskaffenhed og Funktioner, men den har da samtidig mere og mere betonet den vigtige Rolle, som ogsaa Cellekærnen spiller for Livet, saa man nu til Dags vil formulere Begrebet Celle saaledes, at den er en lille Klump Protoplasma, der i sit Indre omslutter en særlig formet Bestanddel, Cellekærnen (OSCAR HERTWIG 1906). Og Ordet Celle har dermed faaet en helt anden Betydning, end det oprindelig havde.

Vi skal derefter gaa over til nærmere at beskrive Cellens Bygning, idet der fremdrages karakteristiske Dyre- og Planteceller som Eksempler.

Den mest alsidigt udviklede Celle træffes hos saadanne Organismer, hvor den udgør hele Legemet og maa udføre alle for Individets Opretholdelse nødvendige Funktioner, som hos Infusionsdyr, mange (encellede) Alger, Gærsvampe o. l. Fig. 18 viser saaledes et lille mikroskopisk Infusionsdyr af Slægten *Nassula*, der ikke er omgivet af nogen egentlig Cellehinde, men hvor den yderste Del af Protoplasmaet bestaar af en noget tættere, fastere Masse, endogsaa er stribet paalangs og sammentrækkelig som Muskelfibre og dertil besat med talrige bevægelige Haar, der tjener til at bevæge hele Dyret. Den indre Del af Protoplasmaet er af en løsere, mere flydende Beskaffenhed og opfyldt af smaa Korn. I det Indre ses flere Cellekærner, af hvilke nogle, Kønskærnerne, spiller en Rolle ved Forplantningen, medens den store vegetative Kærne er medvirkende ved andre Funktioner, der har Betydning i Cellens daglige Liv, Desuden ses et Hulrum, en Vakuole, omgiven af flere mindre og opfyldt af en Cellesaft; denne saakaldte pulserende Vakuole kan forandre Størrelse og menes at staa i Aandedrættets Tjeneste. Og dertil kommer en Mundaabning, der ved et særlig bygget Svælg tillader Dyret at optage faste Dele i sig som Næring, og et andet Sted paa Legemet findes en anden Aabning, der tjener som Gat. Hos enkelte saadanne Dyr har man desuden ment at have iagt-



Fig. 16. MATTHIAS SCHLEIDEN (1804—1881). Tysk Botaniker, der har haft overordentlig Betydning for Reformeringen af den højere botaniske Undervisning. Skrev vigtige Arbejder over Cellen og Planternes Anatomi og Morfologi.

taget et Slags Nervesystem, ja endogsaa Sanseorganer for Lysoptagelse, en saakaldet »Øjeplet«, der som oftest er farvet rød. (Fig. 19 P.)

De i Fig. 19 og 20 afbildede smaa Væsener er encellede Alger, Peridinéer, der foruden med Protoplasma, Cellekærne og Vakuole er forsynede med en fast kompliceret bygget Skal (en Cellevæg), hvorigennem der gaar to lange, bevægelige Svingtraade (Cilier), som kan føre Algerne frem i Vandet. Desuden har de i deres Indre saakaldte Kromatoforer, ɔ: Legemer, der fører et gulbrunt Farvestof, som spiller en vigtig Rolle ved deres Ernæring.

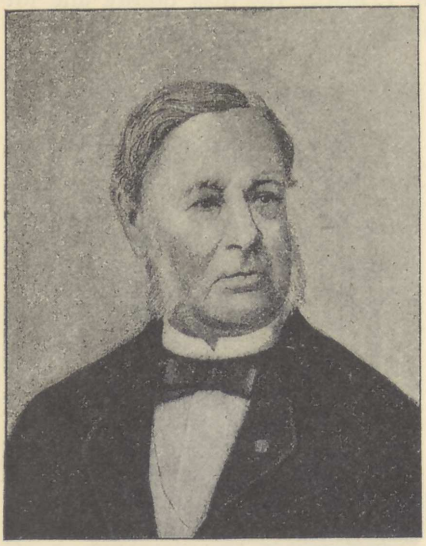


Fig. 17. THEODOR SCHWANN (1810—1882). Berømt tysk Naturforsker, der virkede som Professor i Anatomi og Fysiologi ved de belgiske Universiteter i Løwen og Liège. Foruden at paavise Overensstemmelsen i Dyrenes og Planternes elementære Bygning havde han (samtidig med Franskmanden CAGNIARD LATOUR) opdaget, at Gærsvampene var Aarsagen til den alkoholiske Gæring. Opdagede ogsaa Pepsinet og leverede vigtige Arbejder over Galden og Mikroorganismernes Oprindelse (Selvavl, »*generatio æquivoca*«).

Hos nogle af de allerlavest staaende Væsener, vi kender, de saakaldte Amøber (Fig. 21), om hvilke man ikke rigtig ved, hvorvidt man skal henregne dem til Dyre- eller Planteriget, finder vi ogsaa de for en Celle karakteristiske Bestanddele: en nøgen Protoplasmamasse, der stadig skifter Form ved at sende en Slags Arme (Pseudopodier) ud og trække dem ind (deraf Navnet Amoeba = den foranderlige), deri indlejret smaa Korn, en Cellekærne, en eller flere Vakuoler, og ofte fremmede faste Legemer, der er optagne som Næring. Her er altsaa til Stede alt det, der er nødvendigt for at huse Liv, og i Hovedsagen det samme, som vi finder i alle, selv de højest udviklede Væseners Celler.

Den første Oprindelse til ethvert levende Væsen er altid en lille mikroskopisk Celle, f. Eks. et befrugtet Æg, hvis væsentligste synlige Indhold er Protoplasma, Cellekærne og i Regelen en Væg,

som afgrænser og beskytter disse »ædlere« Dele (Fig. 22 og 23). Og naar der heraf fremgaar et højere udviklet flercellet Væsen, sker dette ved Delinger fra denne Urcelle, hvorved der først opstaar et Antal Celler, der ganske ligner hinanden, men som senere under deres Udvikling i flere Henseender kan blive højst forskellige efter den specielle Funktion, de skal udføre. Men saa længe de er levende, udmærker de sig alle ved et fælles Træk: at bestaa af Protoplasma og Kærne (samt ofte en Væg).

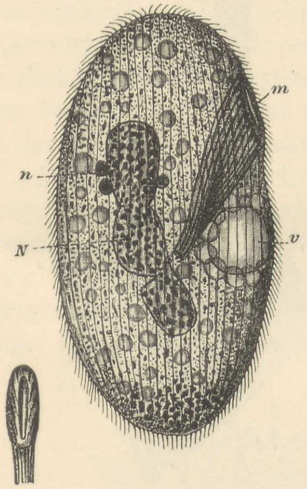


Fig. 18. Infusionsdyr af Slægten *Nassula*. *m* Mund, *N* vegetativ Kærne, *n* Kønskærner, *v* pulserende Vakuole. Tilvenstre forneden er afbildet Munden, set fra Overfladen.

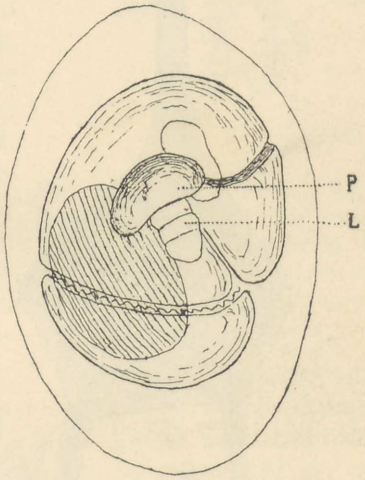
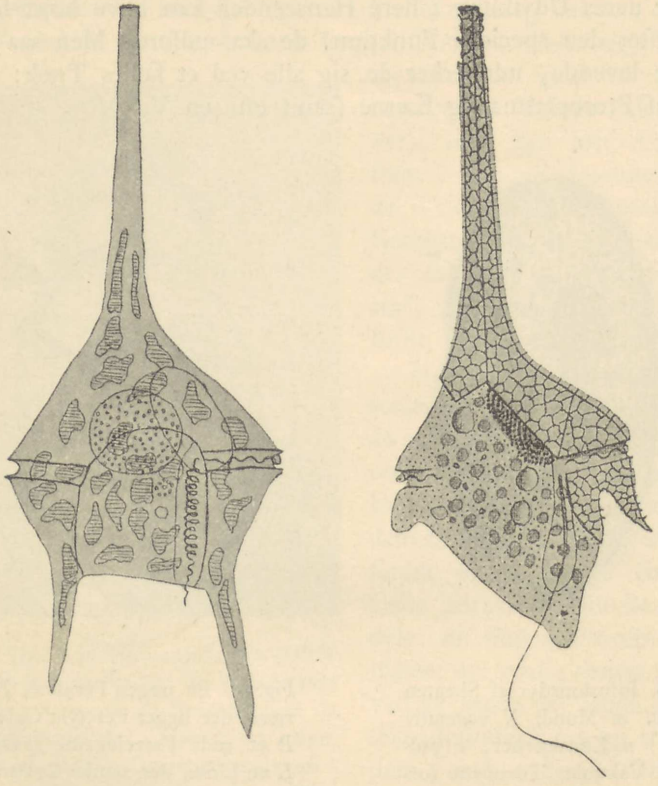


Fig. 19. En nøgen Peridiné, *Pouchetia rosea*, der ligger i et tykt Geléhylster. *P* et rødt Farvelegeme (»Øjeplet«), *L* en Linse, der samler Lysstraalerne. Det store stribede Legeme er Cellekærnen.

Alle de Virksomheder, der hos Infusionsdyret udførtes af den samme Celle — foruden andre nye —, fordeles herefter paa flere forskellige Celler. Nogle overtager Forplantningsvirksomheden, andre Ernæringsarbejdet, der igen kan være af forskellig Art, atter andre tjener til Fasthæftning, til at udføre Bevægelser, til Udsondring af visse Stoffer, til Beskyttelse, til Afstivning, til Sansning og sjælelig Virksomhed osv., og de samler sig nu hver for sig til særlige Vævsystemer, der alle indenfor det enkelte Individ staar under en fælles Overstyrelse (Hjærnen og Centralnervesystemet

hos Dyrene), men dog udfører visse Funktioner med ret stor Selvstændighed. Det hele kan betragtes som flere, til et stort føderativt Statssamfund forenede Cellestater, der som de politiske Sam-



A *B*

Fig. 20. Peridinéer af Slægten *Ceratium*. *A C. lineatum*, *B C. hirundinella*. I *A* er Skalstrukturen ikke tegnet, i *B*, der netop har delt sig, ses den skulpterede Skal paa højre Halvdel. De smaa uregelmæssige Legemer, der ligger spredte omkring i Cellen, er Farvestofbærere, Kromatoforer. I Midten ses den store Cellekærne, i *A* tilhøjre for denne tillige en Vakuole. De bugtede Traade er Bevægelsesorganer, Svingtraade.

fund har nogle Fælles- og nogle Særanliggender. Og jo højere udviklet Individet bliver, des mere specialiseret bliver de enkelte Vævs Funktioner, og des mere gensidig afhængige af hinanden

bliver de samtidig, saa hvis et vigtigt lille Hjul i det indviklede Maskineri gaar i Stykker, gaar ofte det hele i Staa.

Men før vi nu gaar over til at beskrive saadanne mere specialiserede Celler og give nogle Grundtræk af de højere udviklede Organismers Bygning, maa vi have gjort Rede for de vigtigste Ejendommeligheder ved Grundelementernes, Protoplasmaets, Cellekærnens og Væggens, Bygning og Sammensætning, for saa vidt vi i det hele taget ved Besked dermed.

Ved direkte Iagttagelse af en levende Celle under Mikroskopet faar man ofte kun grumme ringe Besked om Plasmaets og Kærnens finere Bygning. Men behandler man tillige Cellen med forskellige Farvnings-, Affarvnings- og Bejtsningsmidler eller andre Kemikalier m. m, og kombinerer man sine Iagttagelser fra Undersøgelser efter flere saadanne Metoder, kan man skabe sig et Billede af en Mængde Enkeltheder, der er forenede i en tilsyneladende meget simpel Struktur. Analyse af Celleindholdet vil dertil yderligere uddybe vort Kendskab til det undersøgte Materiale. Man har

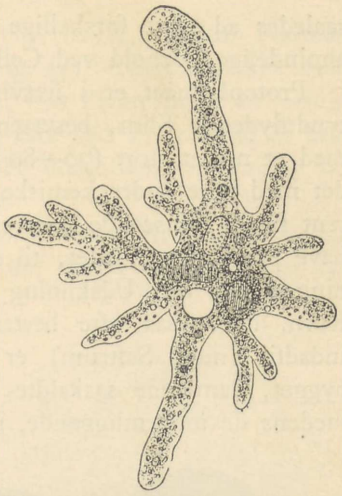


Fig. 21. *Amoeba Proteus*, med Arme (Pseudopodier), der stadig skifter Form. Protoplasmaet er opfyldt af smaa Korn. I Midten ses Cellekærne, pulserende Vakuole og ufordøjede Næringsrester.

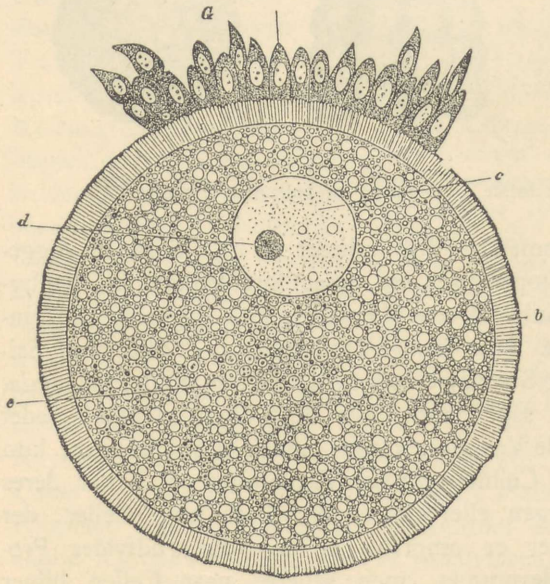


Fig. 22. Modent Æg af en Kanin. *G* omgivende Epithelceller, *b* Cellevæg, *c* Cellekærne med Kærnelegeme (*d*), *e* Celleslim (Protoplasma) med talrige Korn.

saaledes ad disse forskellige Veje faaet oplyst følgende vigtige og almindelige Forhold ved Cellen.

Protoplasmaet er i livsvirksom Tilstand en mer eller mindre tyndtflydende Slim, bestaaende hovedsagelig af Æggehvidestoffer med et meget stort (70—80—90 %) Vandindhold, og dertil blandet med flere andre kemiske Forbindelser. Men denne Slim er i rent fysisk Henseende ikke ensartet. Undertiden har man ment at have paavist en traadet, til andre Tider snarest en svampet Bygning af den med Udskilning af flere eller færre, større og mindre Korn, der ogsaa ofte bestaar af Æggehvidestoffer. Udadtil og indadtil (mod Saftrum) er den noget tættere, mere ensartet bygget, dannende saakaldte Hudlag (Ekto- og Endoplasma o. l.), medens de mellemliggende, mere flydende, Bestanddele ofte frem-

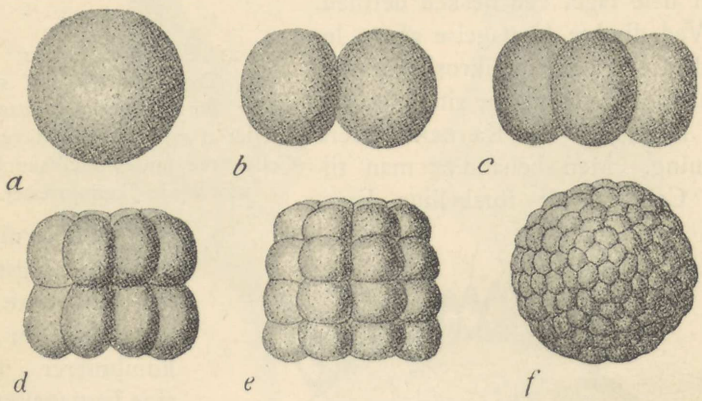


Fig. 23. De første Delinger af en befrugtet Ægcelle.

viser Bevægelsesfænomener (Strømninger o. l.). Foruden Æggehvidestoffer kan Protoplasmaet saa ogsaa føre Fedtstoffer, Kulhydrater (Stivelse og Sukker), en Mængde andre organiske Forbindelser og uorganiske Salte som Forbindelser af Fosforsyre, Salpetersyre, Saltsyre og Svovlsyre med Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Jærn m. m. — kort sagt næsten alle de Stoffer, vi overhovedet kender fra de levende Væsener, kan vi finde i Protoplasmaet; kun enkelte Stoffer som Cellulose, visse Farvestoffer o. l. har deres særlige Plads i Væggen eller andetsteds. I de unge Celler, der hos de fleste Planter er omgivne af en Væg, udfylder Protoplasmaet hele Cellerummet, men senere, naar Cellen bliver ældre, opstaar der ofte et eller flere Hulrum, Vakuoler, fyldte

med en endnu mere tyndflydende Cellesaft, medens Plasmaet saa trækker sig tilbage til Væggen (Fig. 25). Cellesaften kan indeholde lignende Stoffer som Plasmaet; hos Planterne, hvor den er meget almindelig, udmærker den sig ofte ved sit Indhold af Sukker, Syrer, Salte og Farvestoffer, men dens Sammensætning kan ogsaa være overordentlig kompliceret.

I Protoplasmaet kan der desuden være aflejret forskellige organiserede Legemer (Plastider), der spiller en Rolle ved Cellens særlige Arbejde, som farvestofførende (Bladgrøntlegemer), stivelsedannende Legemer m. m., og helt omgivet af Plasma er tillige Cellekærnen eller Cellekærnerne, idet der i mange Celler findes flere af disse. Cellekærnen har sin særegne, finere Struktur. Udadtil er den i Reglen afgrænset af en fastere Hinde, Kærnehinden, som omslutter et Maskeværk af Traade (Linin) med indlejrede Korn af saakaldet Kromatinsubstans, der bestaar af en Slags Æggehvidestoffer, og som meget begærligt optager Farvestoffer i sig; mellem disse Masker findes saa igen en mere tyndflydende saakaldet Kærnesaft, der forøvrigt er ganske forskellig fra Cellesaften; og endelig inde i Kærnen et eller flere større Kærnelegemer. I de fleste dyriske Celler og i mange, særlig af de lavere Planters Celler har man i Plasmaet i nøje Tilslutning til Kærnen fundet et eller to saakaldte Centrosomer, der er medvirkende ved Celledelinger (herom senere). Protoplasmaet reagerer i Reglen neutralt eller svagt alkalisk, Cellesaften derimod surt. (Se Fig. 24).

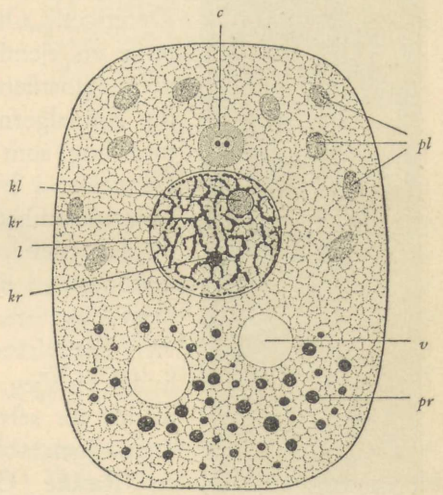


Fig. 24. Celleskema. Indenfor Cellevæggen ligger i et med netformig Struktur optrædende Protoplasma en stor Cellekærne med Kærnelegeme (*kl*), et fint Netværk af Linintraade (*l*), hvori Kromatinsubstansen (*kr*) er indlejret, afgrænset mod Protoplasmaet af en Kærnehinde. Af andre Organer i Cellen findes to Centrosomer (*c*), flere Plastider (*pl*) og Vakuoler (*v*). De mørke Korn (*pr*) er Stofskifteprodukter (Æggehvide- og Fedtkorn, Krystaller o. l.).

Cellevæggens Udseende og kemiske Beskaffenhed er meget vekslende. Hos de ganske unge Planteceller bestaar den i Reglen af Cellulose og kan ogsaa vedblive dermed gennem hele Cellens Liv. Men ofte omdannes den ved Indlejring eller Paalejring af andre Stoffer og faar da ogsaa højst forskellig Tykkelse og Udstrækning. Hos Bakterier, visse Svampe og saadanne dyriske Celler, der i det hele taget har en Væg, er den mest dannet af æggehvidelignende Stoffer. Cellulose forekommer overhovedet saa godt som ikke i Dyreriget. Ofte har Cellevæggen hos Planterne en ejendommelig Stribning eller endnu mere kunstfærdig Struktur, for hvilket navnlig Kiselalgerne er bekendte. Men Væggen maa dog som oftest betragtes som en død Dannelse, i hvilken der ikke foregaar nogen Livsvirksomhed, og som kun har en afstivende og beskyttende Rolle at udføre. Den dannes derfor kun i direkte Berøring med Protoplasmaet, og ofte synes tillige Cellekærnen at være medvirkende ved dens Vækst. Hvor der findes en Væg, bliver den selvfølgelig bestemmende for selve Cellens ydre Form, og efter denne igen skelnes der i Planteriget mellem en Række Celletyper, som Kortceller (Parenkym), Langceller (Prosenkym), Traadceller (Hyfer) osv. Hvor flere Celler er smeltede sammen, som ved Dannelsen af Sirør og Kar i Planterne, benævnes disse ogsaa i Reglen efter Væggenes Bygning, Skrue-, Ring-, Netkar osv. (se Fig. 49), efter den Maade, paa hvilken Vægtfortykkelserne fremtræder. Hos Dyrene kan Muskelceller, Fedtceller o. a. (se Fig. 32 og 34) være omgivne af en tynd Hinde, men denne har dog i Reglen ikke nogen særlig fremtrædende Struktur, og overhovedet er de fleste dyriske Celler nøgne. Derimod er nogle dyriske Celler, som Brusk- og Benceller, ofte omgivne af en Kapsel eller indlejrede i en mægtig Intercellularsubstans, der meget minder om Cellevægge hos Planterne, men som dog baade i Følge deres Dannelse og Funktion (de er saaledes levende) er forskellige fra disse (se Fig. 35—37).



Fig. 25. Celle af et Haar paa en Græskarplante. Protoplasmaet ligger langs Væggene og udspændt i Strænge over det øvrige Cellerum. I en af disse Strænge ligger Cellekærnen og overalt Plastider og udskilte Korn. Forøvrigt udfyldes Cellen af Cellesaft.

Kun forholdsvis faa Planteceller er nøgne, som forskellige Sværmsporer, Kønsceller og saadanne hele Planter som Slimsvampene. Mange lavere encellede Dyr omgiver sig med Kalk- eller Kiselskaller, der dog ikke kan opfattes som egentlige Cellevægge, da de er gennemborede af Huller, gennem hvilke Protoplasmaet kan skydes ud og trækkes ind efter Dyrenes Behov (se Fig. 26).

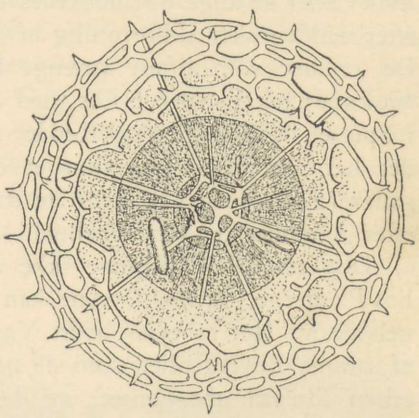


Fig. 26. Radiolarie (*Haliomma erinaceus*), et encellet Dyr omgivet af en ydre og en indre gitterformig gennembrudt Kiselskal, mellem hvilke der findes et Geléhylster og Cellens Protoplasmamasse (Centralkapselen); i denne ligger midterst Cellekærnen og en opfagen Næringsklump (nederst tilvenstre).

Medens Schleiden og Schwann, de to Forskere, der først rigtigt opfattede Cellens Betydning som Elementærorganet i Planters og Dyrs Legeme, tænkte sig Cellernes Oprindelse som en Slags Udkrystallisation inde i en Modercelle eller endog udenfor denne af en organisk Moderlud, opdagede man snart efter, at Cellerne kun opstaar ved en Delingsakt af i Forvejen eksisterende Celler, saa Virchow i 1858 kunde slaa denne Opdagelse fast i den prægnante Sætning: »*Omnis cellula e cellula*« (»enhver Celle opstaar af en Celle«), der herefter vandt almindelig Anklang. Saa længe der derfor finder en Nydannelse af Celler Sted i Organismen, maa der være nogle, der befinder

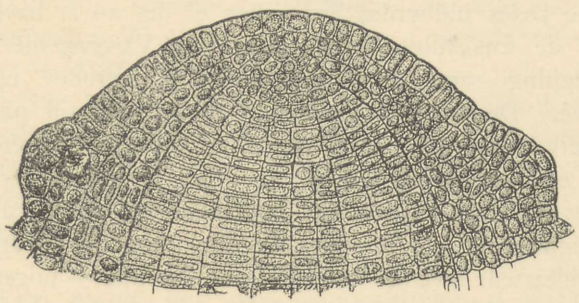


Fig. 27. Længdesnit gennem en Vinterknop af Ædelgran, i hvis Spids Vækstpunktet, hvor Celledelingerne har deres Udgangspunkt, ligger. De to Valke paa Siderne er Anlæg til Blade, hver med deres særlige Vækstpunkt.

sig i Delingsvirksomhed[1]). Denne Proces er hos Planterne ofte knyttet til et særligt Vævsystem, de saakaldte Dannelsesvæv, hvis Celler er unge og indbyrdes omtrent ens, og hvorfra der saa efterhaanden sker Udformning af mere specifikt uddannede Celler. De er her som oftest strængt lokaliserede, anbragte i særlige Vækstpunkter, der f. Eks. hos de højere Planter normalt findes i Spidsen af Stængler og Rødder (Fig. 27), eller (hos de Planter, der har Tykkelsevækst) som et cylindrisk Lag inde i disse Organer (Fig. 49 og 54), hvor de da arbejder — om end periodisk, efter Aarstider og ydre Forhold — saa længe Livet varer.

Dog er Cellenydannelse ikke altid alene knyttet til disse Væv hos Planterne, og hos Dyrene kan man ikke tale om særlige Dannelsesvæv. Her arbejder hvert Vævsystem med at uddanne Celler af samme Beskaffenhed som de gamle, og denne Virksomhed kan enten foregaa ubegrænset, saa længe Livet varer (f. Eks. Overhudscelledannelsen hos Mennesket) eller afsluttes, naar et vist Udviklingsstadium er naaet (Nervevævet hos de højere Dyr). — Evnen til Nydannelse, til Udbedring og Erstatning (Regeneration) af beskadigede eller tabte Dele er herefter højst forskellig og relativt mindst hos de højest udviklede Organismers Væv (som Nervevævet).

Grundtræk af Dyrenes og Planternes anatomiske Bygning.

Vigtigt til Forstaaelsen af Hovedlivsfunktionerne i Organismen og dennes enkelte Deles indbyrdes Samvirken er det nu at have et Overblik over de forskellige dertil uddannede Vævsystemers og Organers Bygning samt deres Anordning i Dyrenes og Planternes Legeme. De grovere Træk heri maa imidlertid paa dette Sted forudsættes bekendte, saa vi kan nøjes med at illustrere Cellebygningen i enkelte vigtige Organer og Væv af højere Dyr og Planter. Og nok saa meget som Forskellighederne vil da maaske netop Lighederne i elementær Bygning hos de i ydre Henseende saa uligeartede levende Væsener blive slaaende — noget, der vil kunne bidrage til Forstaaelsen af de mange andre Overensstemmelser mellem alt levende, som gør sig gældende dels i Vekselvirkningen med den livløse Natur, dels med Hensyn til de fundamentale Livsytringer.

---

[1]) Hvorledes Celledannelsen, med ledsagende Kærnedeling, foregaar, vil blive omtalt senere. (Se Afsnittet om Forplantning.)

Undersøger vi lidt nærmere Cellebygningen hos et **højere Dyr,** f. Eks. hos Mennesket, vil vi finde den meget forskellig i forskellige Dele af Legemet. Alt, hvad der hedder Overflader, baade ydre og indre (f. Eks. Huden og Fordøjelseskanalens Vægge), udgøres af en særlig Slags Celler eller et særligt Vævsystem, der kaldes Epithel. Hosstaaende Figg. 28—30 vil give Eksempler paa, hvorledes disse Celler kan være udstyrede, idet det dog udtrykkelig maa fremhæves, at Variationen i Cellebygning netop indenfor dette Slags Væv kan være særlig stor, og at, hvor Epithelierne er flerlagede, de yderste Lag kan være ret forskellige fra de mellemste og indre (se Fig. 28 *D*). I Overensstemmelse med Epitheliernes Funktion: at virke beskyttende for de indenfor liggende Væv, slutter deres Celler altid tæt sammen, er undertiden forsynede med en særlig Ydervæg (i Tarmvæggene [Fig. 28 *C*]) eller ejendommelige Vedhæng (Fimrehaar [Fig. 29], Nældekapsler o. l.). Og dette, at Epithel ofte udgør en Del af Slimhinder, medfører ogsaa Variationer i Udformningen af det.

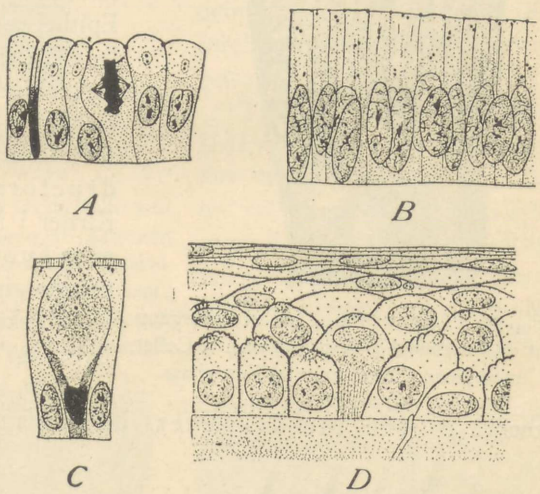


Fig. 28. Epithelier. Enlagede Epithelier af Mavekirtel (*A*), fra Livmoderen (*B*) og en enkelt Bægercelle (*C*) fra Tolvfingertarmen, alle af et Menneske, samt flerlaget Hornhindeepithel af en Abe (*D*). I Cellerne ses Kærner, i *A* tillige Centrosomer, i *C* en ejendommelig fortykket Ydervæg.

Medens selve Epitheliernes Celler er indbyrdes tæt stillede, er de dog ofte gennembrudte af Kirtelvæv, der kan være overmaade rigt repræsenterede saavel i den egentlige Overhud som i Slimhinderne. Og alt Kirtelvæv viser sig da i Virkeligheden ogsaa at være mere eller mindre omdannet Epithel, hvor forskelligartet fra dette Kirtelvævscellerne end kan blive uddannede. Kirtlerne, der har den Funktion at udsondre et eller andet Sekret (Slim, Fordøjelsesvædsker. Mælk, Urin, Gifte

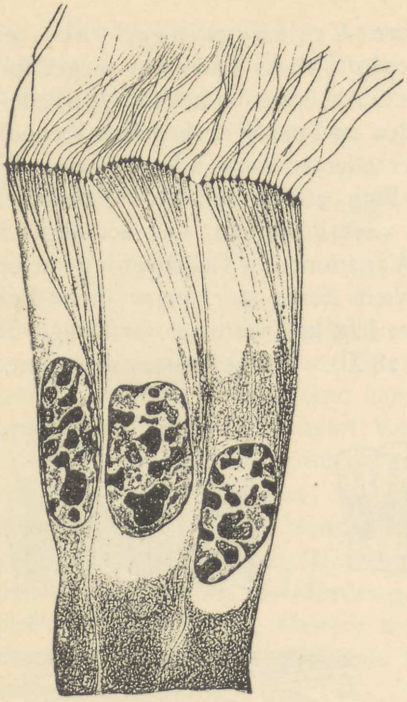


Fig. 29, Fimreepithel fra en Levergang af en Havesnegl (*Helix hortensis*). 3 Celler med store Cellekærner og Fimrehaar.

osv.), er dels encellede (Fig. 28 *A* og *C*), og ligger da ofte spredte mellem Epitheliernes øvrige Celler, undertiden meget lig disse, dels flercellede, i hvilket Tilfælde de er mere omdannede og kan udgøre hele store Organer (som Nyrer, Lever, Bugspytkirtel, Mælkekirtel m. fl.), der i Beliggenhed kan være forskudte langt fra de egentlige Epithelvæv. Saadanne flercellede Kirtler er byggede efter to forskellige Systemer, enten som rørformede (Svedkirtler hos Mennesket, se Fig. 30) eller drueformede (Mælkekirtler, Kirtler i Mundhulen, Fig. 31), men forøvrigt kan vi ikke her komme ind paa Enkeltheder i de forskellige Kirtlers finere Bygning.

Tæt sluttende sig til Epitheliet er ofte Muskelvævet, der omfatter to Hovedtyper af

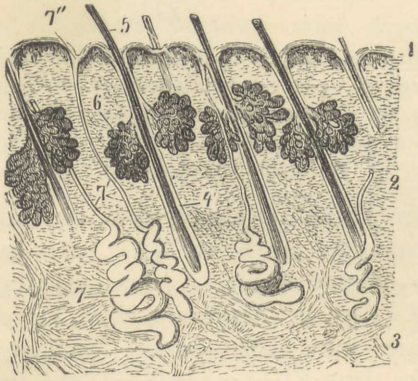


Fig. 30. Hud af Pattedyr. *1* Yderste Lag (Epidermis), *2* Læderhuden, *3* Underhuden, *4* Haarrod, *5* Haar, *6* Talgkirtel, *7* rørformet Svedkirtel, *7′* Kirtelgang, *7″* Svedpore.

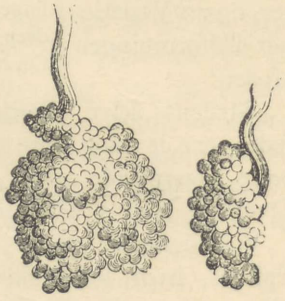


Fig. 31. Drueformig Kirtel fra Mundhulen af Pattedyr.

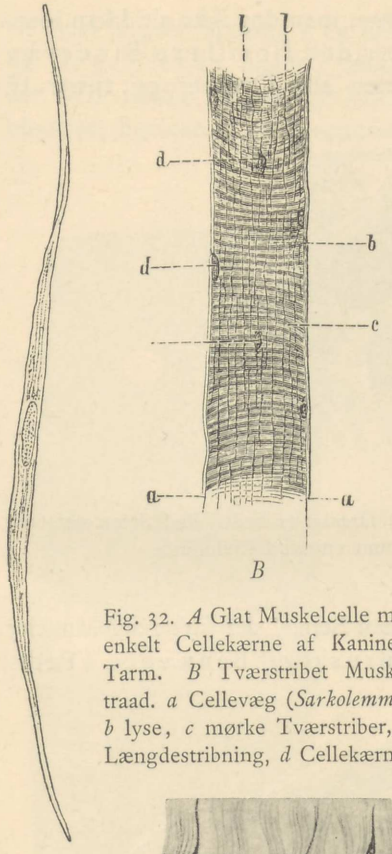


Fig. 32. *A* Glat Muskelcelle med enkelt Cellekærne af Kaninens Tarm. *B* Tværstribet Muskeltraad. *a* Cellevæg (*Sarkolemma*), *b* lyse, *c* mørke Tværstriber, *ll* Længdestribning, *d* Cellekærner.

Celler, de glatte, vægløse Muskelceller med sædvanlig kun 1 Cellekærne, der udgør næsten hele Indvoldsmuskulaturen hos Hvirveldyrene, og de tværstribede Muskelceller, der kan være forsynede med en Cellehinde, i Reglen flere Kærner, og som i langt højere Grad end de glatte har Evne til hurtigt at trække sig sammen, hvorfor det ogsaa er dem, der særlig tjener til Udførelsen af vilkaarlige Bevægelser (Fig. 32).

Til Binde-, Støtte- eller Udfyldningsvævene regnes en Del Celleformer, der er ret forskelligt udviklede, men dog er saa nær beslægtede, at de uden skarpe Grænser flyder over i hverandre. De fælles Træk for dem ligger i Betydningen af ovenanførte Navne og deri, at de har en mer eller mindre rigeligt udviklet, traadet Intercellularsub-

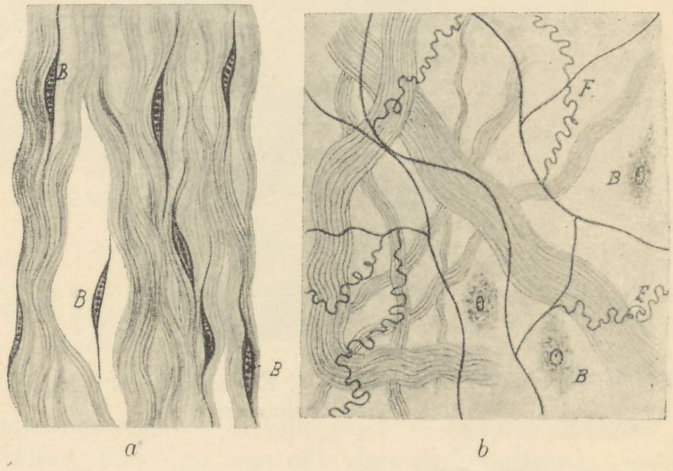


Fig. 33. Fibrillært Bindevæv. *a* Senevæv, *b* Bindevæv med elastiske Traade (*F*), *B* Bindevævsceller.

stans, der ofte minder om Cellevægge, men dog ikke altid kan identificeres med saadanne. Hertil hører det fibrillære Bindevæv (Fig. 33). der forekommer i næsten alle Organer og tjener til

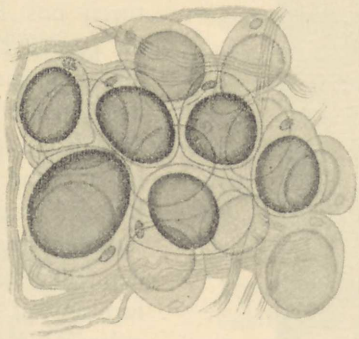


Fig. 34. Fedtceller. Den mørkere, store Draabe er Fedt. Ved Siden deraf en mindre Cellekærne og udenom en tynd Cellehinde.

Forening af de andre Væv, bl. a. som Sener, der forbinder Muskler med Knogler; endvidere Fedt-, Brusk- og Benvævet. Fedt-

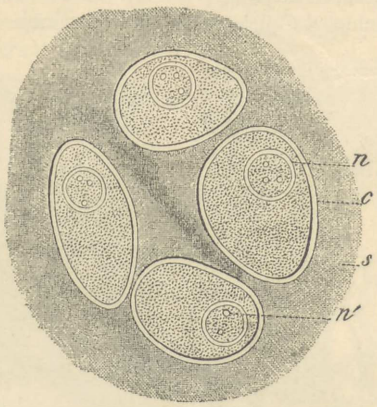


Fig. 35. Bruskceller med Kærne (*n*), Kærnelegeme (*n'*), Kapsel (*c*) og Intercellularsubstans (*s*).

cellerne (Fig. 34), der er omgivne af en tynd Cellehinde, er fyldte med Fedt. Bruskcellerne (Fig. 35) ligger, omgivne af

en tynd Kapsel, spredte i en Grundsubstans af bruskagtige Stoffer, og Bencellerne ligger i saakaldte Benhuler (Fig, 36 og 37), der ved talrige Sidegange (Benkanaler) staar i indbyrdes Forbindelse, ligeledes i en Grundsubstans af limagtige Stoffer, der dog

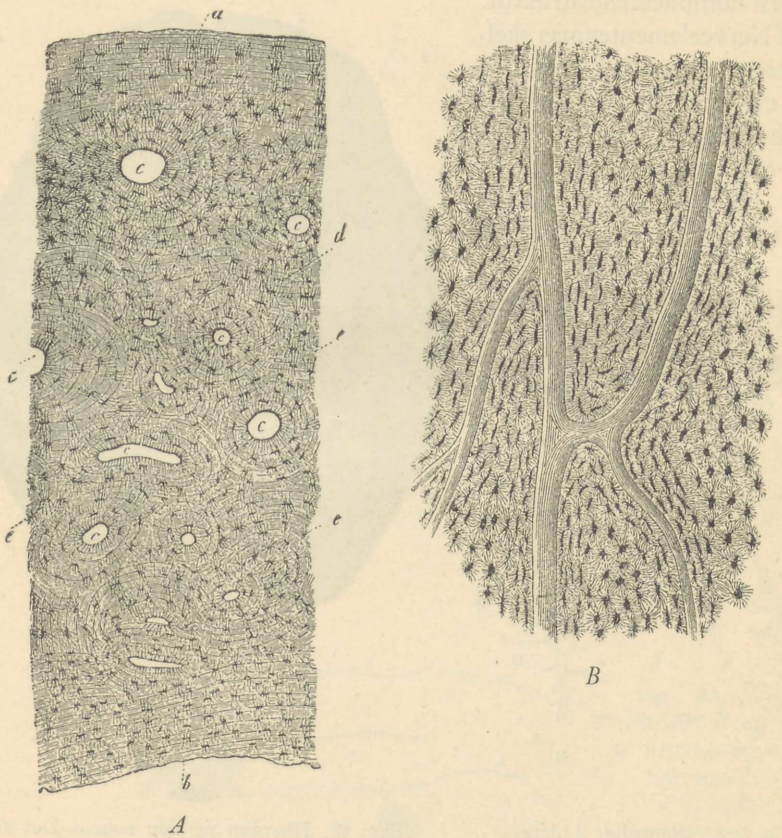


Fig. 36. Benvæv af et Menneske. *A* Tværsnit af en rørformet Mellemhaandsknogle. *a* Yderflade, *b* Inderflade, *c* Haverske Kanaler, *e* Benhuler. *B* Længdesnit af et Laarben med sammenflydende Haverske Kanaler.

er blevne betydeligt haarde ved Optagelsen af en stor Mængde kulsur og fosforsur Kalk, og som ofte viser en koncentrisk Lagdeling udenom de saakaldte »Haverske Kanaler«, ad hvilke Blodkarrene baner sig Vej gennem det faste Knoglevæv.

Fra en Hovedstamme, Rygmarven, og en Hovedcentral, Hjærnen (Fig. 38), forgrener saa endelig Nervevævets Elementer sig hos Hvirveldyrene rundt til alle Legemets Dele, som det, der dirigerer de fleste og vigtigste Livsprocesser og derfor ogsaa anses for at have naaet den højeste Grad af Udvikling, den fineste og mest komplicerede Struktur.

Af Nerveelementer maa skelnes mellem de egentlige Nerveceller (Ganglierne, Fig. 39) og Nervetraadene (Fig. 40), der er at betragte som Udløbere fra de første, men dog saaledes, at de udenom en kontinuerligt fortløbende saakaldet Aksecylinder hos de højere Dyr undertiden bestaar dels af en Marvskede, dels af den saakaldte Schwannske Skede, mellem hvilke der er indlejret en større Mængde Kærner og Protoplasma. Nervetraaden danner Forbindelsen mellem Centralnervesystemet

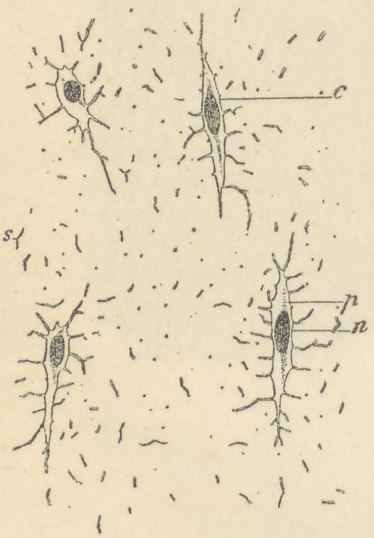


Fig. 37. Benceller i deres Huler. *n* Kærne, *p* Protoplasma, *c* Benhulens Væg, *s* Grundsubstans med Stykker af Benkanaler.

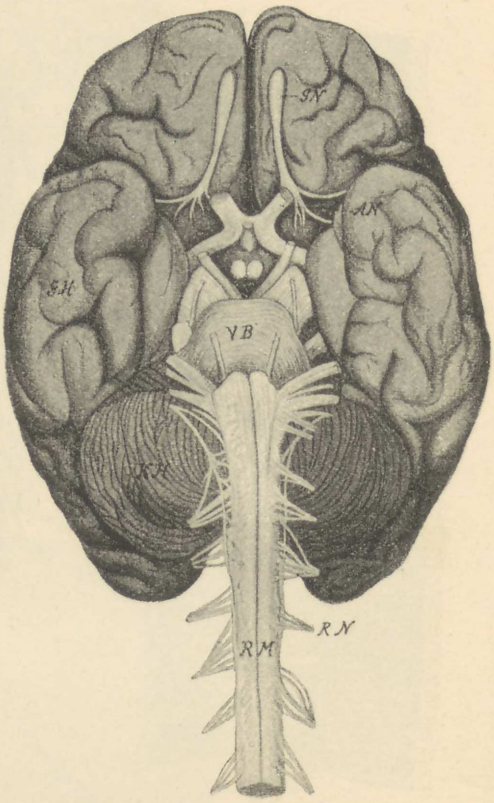


Fig. 38. Hjærnen og den øverste Del af Rygmarven af et Menneske, set fra neden og bagfra. *SH* Storhjærnen, *KH* Lillehjærnen, *GN* Lugtenerver, *AN* Synsnerver, *RN* Rygmarvsnerver.

og Muskelvæv, Kirtelvæv, Sanseorganer m. m. og mellem Ganglieceller indbyrdes. De egentlige Nerveceller eller Ganglielcellerne har en højst mangfoldig Uddannelse efter den Funktion, de skal udføre, og efter det Organ, i hvilket de forekommer. Bl, a. kan de i rent ydre Henseende adskilles, eftersom de har 1, 2 eller

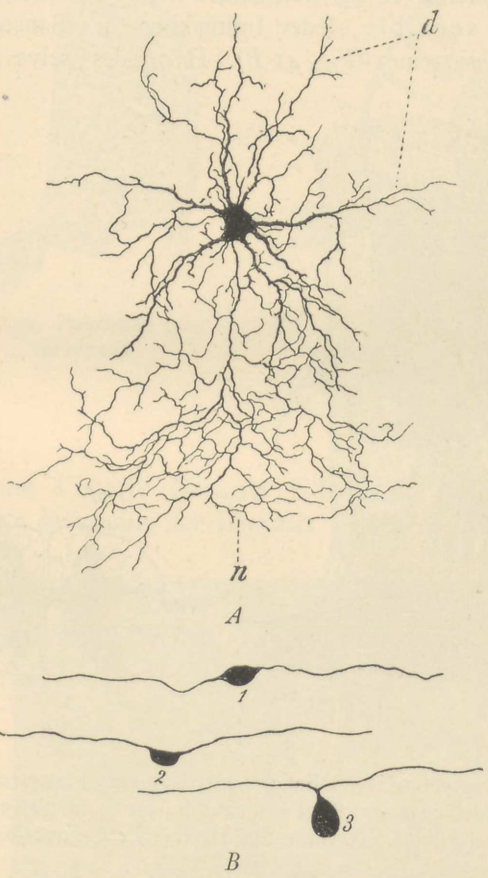


Fig. 39. Ganglieceller. *A* multipolar, *B* bipolare, der gaar over i den unipolare (*3*) Type.

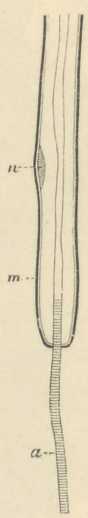


Fig. 40. E Stykke af en marvholdig Nervetraad. *n* Kærne, *m* Marvskede, *a* Aksecylinder (der her rager ud af Marvskeden).

flere Udløbere (*uni-*, *bi-* og *multipolare* Ganglieceller, Fig. 39). De er forsynede med Cellekærne og Protoplasma, men har ingen Væg, er nøgne. Hele Centralnervesystemet (Rygmarv og Hjærne) bestaar af utallige saadanne Ganglieceller, der med deres Udløbere er indfiltrede i hinanden. I disse Organer kan der desuden skel-

nes mellem den graa og den hvide Substans (Fig. 41 *A*), af hvilke den sidste af nervøse Bestanddele kun indeholder marvholdige Nervetraade (uden Schwann'ske Skeder), medens den første bestaar hovedsageligt af Ganglieceller, men ogsaa fører marvholdige og marvløse Nervetraade. Særlige Nervetraade, de motoriske, fører til Muskelvævet og fremkalder dettes Sammentrækning, og andre, de sensible, leder Indtrykkene fra Sanseorganerne til Centralnervesystemet (Fig, 41 *B*). Hvorledes selve San-

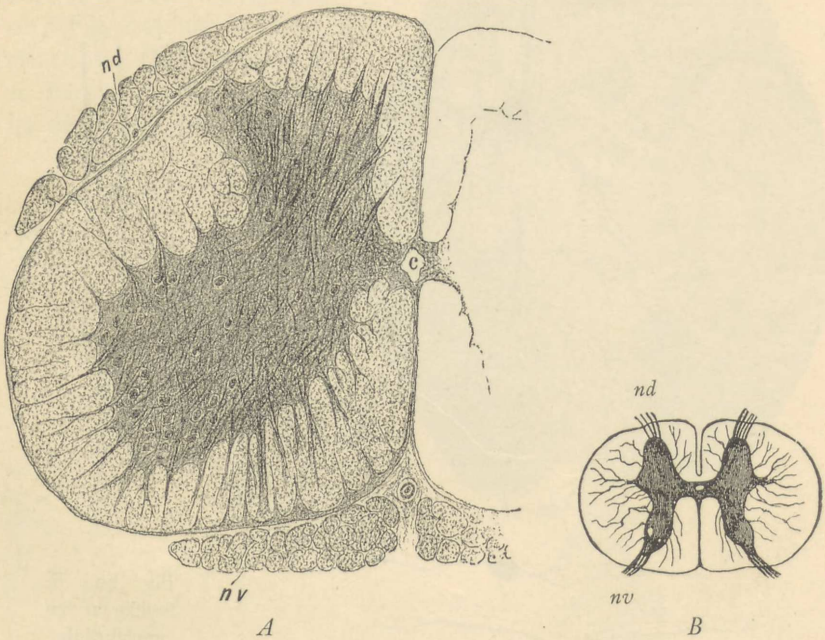


Fig. 41. Tværsnit af Rygmarven af en Kat (*A*) og (i svagere Forstørrelse) et Menneske (*B*), visende Fordelingen af hvid og graa Substans samt Rygmarvsnervernes Udspring. *nd* sensible, *nv* motoriske Nerver, *c* Centralkanal.

seorganerne (Fig. 42 og 43), der ogsaa nøje hører sammen med Nervesystemet, i Enkelthederne er byggede, kan der her ikke være Tale om at komme ind paa, men der vil i det følgende lejlighedsvis blive berørt nogle Eksempler herpaa (se under Sansning).

Endnu overmaade vigtige Bestanddele af Dyrenes Legeme, om de end ikke just kan kaldes noget Væv, er Blodet og Lymfen, der hos de højere Dyr føres omkring i Legemet

hver i sit særlige Karsystem. I en flydende, æggehviderig Grundsubstans, Blodvædsken, flyder utallige frie Celler omkring (Fig. 44), de røde og de hvide Blodlegemer, af hvilke de sidste ogsaa fore-

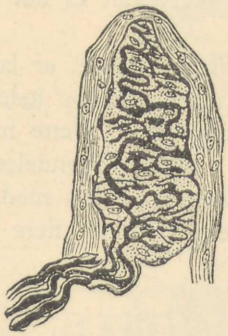


Fig. 42. Føleorgan med Nervetraade.

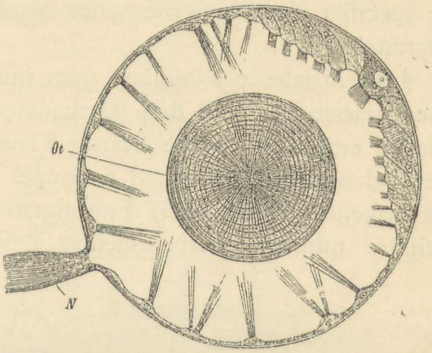
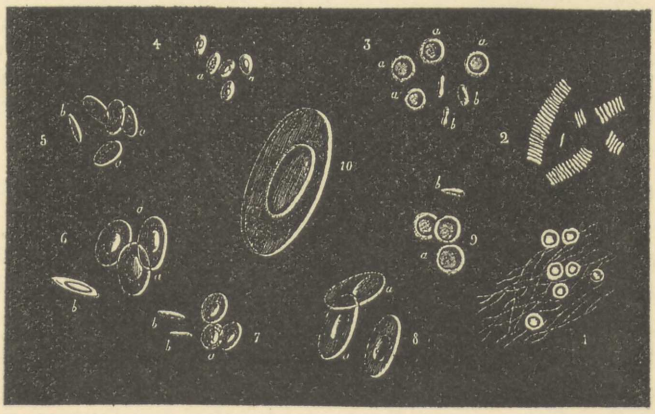


Fig. 43. Høreblære (eller Ligevægtsorgan?) af en Snegl. *N* Nervetraad, der udbreder sig paa den indvendige Side af Organet, med Fremragninger. Kalkagtigt Legeme (Otolith eller Statocyst?).

kommer i større Mængde i Lymfen. Blodets Sammensætning og dets Betydning for Legemet vil senere blive nærmere omtalt.



Pig. 44. Røde Blodlegemer af forskellige Hvirveldyr. *1* af Menneske (med Fibrintraade), *2* samme ordnede i Ruller, *3* samme isolerede, sete fra Fladen og fra Siden, *4* af Kamelen, *5* af Duen, *6* af Frøen, *7* af en Fisk, *8* af en Vandsalamander, *9* af Høraalen, *10* af Hulepadden. Alle sete ved samme Forstørrelse. *a* fra Fladen, *b* fra Siden.

Hos de **højere Planter** finder vi ogsaa Legemet bygget op af flere indbyrdes ret forskellige Cellevæv, af hvilke nogle ganske svarer til nogle af de dyriske Væv og udfører lignende Funktioner (f. Eks. Hud- og Skeletvæv), medens andre (Assimilationsvævene) er specifike for Planterne, som Muskel- og Nervevæv er det for Dyrene.

Den Maade, paa hvilken man inddeler Plantevævene, er langt mere varierende, end den, Dyreanatomerne i det store og hele er blevne enige om for de dyriske Vævs Vedkommende. Dette hænger vel sammen dels med en noget senere vunden Erkendelse af de enkelte Vævsystemers Funktioner hos Planterne, dels med en mindre udpræget Arbejdsdeling i Plantevævene, hvor flere ret

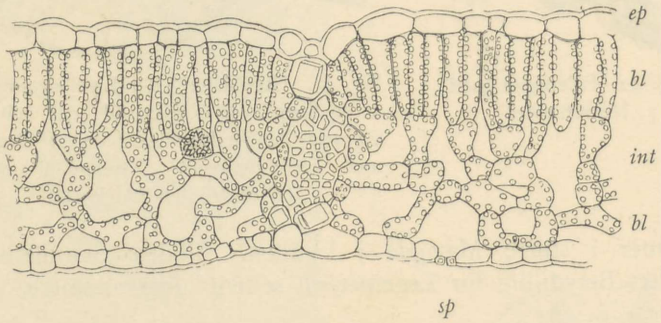


Fig. 45. Tværsnit af et Bøgeblad, paa begge Sider afgrænset af en enlaget Overhud (*ep*). Bladgrønt førende Celler (*bl*) udgør Bladkødet (Grundvæv), hvori store Luftrum (*int*), der gennem Spalteaabninger (*sp*) staar i Forbindelse med den omgivende Luft. Det med Celler fyldte midterste Parti angiver den i Midternerven liggende Ledningsstræng.

forskellige Funktioner undertiden udføres af de samme Celler. Den Gruppering, der her skal anvendes, tilsigter da ogsaa kun at give en letforstaaelig Oversigt over de vigtigste Vævsformer med de for dem gængse Navne uden at gennemføre en paa et bestemt Princip baseret Inddeling.

Hudvæv (Epidermis, svarende til Epithel) afgrænser Plantelegemet udadtil og tjener til Afstivning og Beskyttelse af det. (Indre Overflader, som i Fordøjelseskanalen hos Dyrene, finder vi almindeligvis ikke i Planteriget paa Grund af, at Ernæringsvirksomheden her foregaar paa anden Maade). Hudcellevævet kan saa forøvrigt være baade enlaget, som den fine Overhud paa Bladene (Fig. 45) i Reglen er det, eller flerlaget som den Stængler og Rødder

omgivende Kork (Fig. 46), der efterhaanden i længere levende Organer afløser den oprindelig enlagede Overhud. Hudcellerne støder som i Dyreriget tæt sammen, men kan som der ogsaa være omdan-

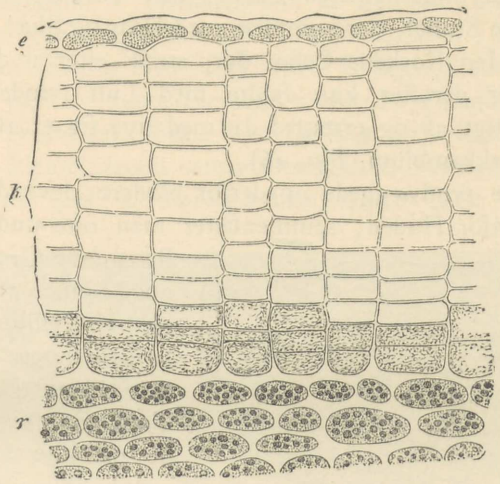


Fig. 46. Tværsnit gennem Barken af en Gren af *Ailantus glandulosa*. *e* Overhuden (død), *k* Korken, hvis nederste Lag er Dannelsesvæv (Korkkambium), *r* den grønne Bark.

nede til Kirtelceller, til Haar o. l. eller gennembrudte af saakaldte Spalteaabninger og Korkporer (Fig. 47), der sætter

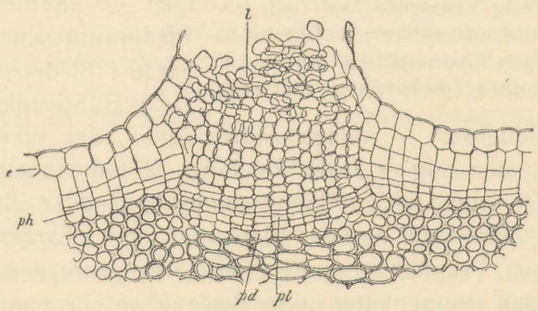


Fig. 47. Tværsnit gennem en Korkpore i Barken af en Hyldegren. *e* den sprængte Overhud, derunder Korkcellerne, nederst Grundvæv (grøn Bark).

indre Hulrum i Forbindelse med den omgivende Luft. Den egentlige Overhud bestaar af levende, plasmafyldte og kærneførende

Celler, hvis Væg oprindelig bestod af Cellulose, men efterhaanden, i hvert Fald udadtil, er bleven omdannet ved Indlejring af saadanne Stoffer (Korkstof o. l.), der vanskeliggør Fordampning af Vand fra de underliggende Celler; ofte udskiller den voks- og harpiksagtige Stoffer, der sammen med Haar og Skæl tjener samme Formaal. Men Korkens Celler dør, straks efter at de er færdigtdannede, er derefter kun fyldte med Luft, stødes mere eller mindre hurtigt af og erstattes da med nye fra et særligt Dannelsesvæv (Korkkambium, Fig. 46).

De fleste tyndvæggede og derfor blødere, levende Celler, der ligger indenfor Huden, sammenfatter man ofte under den fælles Betegnelse Grundvæv, der dog omfatter Celler med ret forskellige Funktioner, og som ogsaa gennemvæver hele Plantelegemet. Fælles Træk for disse Celler er, at de nærmest hører til Kortcelle- eller Parenkymcelletypen. Hertil hører f. Eks. Assimilationsvævet (se Fig. 45), der fører det for de højere Planter karakteristiske grønne Farvestof, Bladgrønt eller Klorofyl, som igen er knyttet til særlige Bladgrøntlegemer; det findes baade i Bladet og i de ydre Dele af Stænglen, derimod ikke i Rødderne. — Mange andre Celler, der ikke altid fører Bladgrønt, men dog er Sædet for livlige Stofomdannelser, udfylder det indre af unge, saftige Plantestængler og Rødder eller er lejrede omkring i mere faste og døde Elementer, som i Barkens, Marvens, Marvstraalers, Frugters og andre Oplagsnæringsorganers Celler, som man ofte igen sammenfatter under Betegnelsen Forraadsvæv (Fig. 48). — Til Grundvævet hører endvidere de Celler, der udmærker sig ved deres Evne til at dele sig, at afføde nye Celler, der ofte bliver af en helt anden Karakter end de selv; de udgør de saakaldte Dannelsesvæv. Saadanne findes i Spidsen af Stængler (se Fig. 27) og Rødder (Fig. 52), ofte i Spidsen eller ved Grunden af Blade,

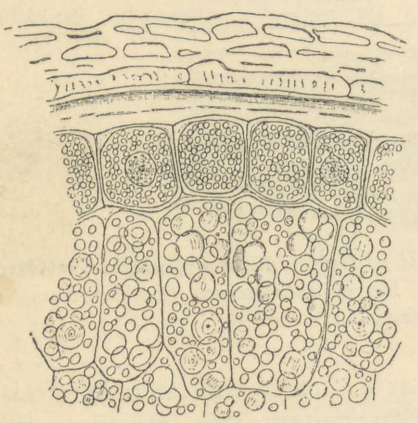


Fig. 48. Tværsnit af Hvedekorn. Yderst den af flere Cellelag bestaaende Skal (*sk*), dernedenfor Frøhviden med et paa Æggehvidestof og Fedt rigt Aleuroncellelag (*al*) og forøvrigt bestaaende af stivelseførende Celler (*st*).

hos de tokimbladede Blomsterplanter tillige i et cylindrisk Lag inde i Stængler og Rødder, hvor de besørger disse Organers Tykkelsevækst og kaldes Kambiet (se Fig. 49).

Rundt omkring i Plantelegemet er der saa ogsaa ledende Elementer, gennem hvilke Stoftransporten, som i Dyrenes Karsystemer, kan foregaa med langt større Hastighed end gennem de almindelige Celler. Disse Elementer, der hovedsagelig bestaar af rørformede Dannelser, Sirør, Kar (se Fig. 49), Mælkerør m. fl., danner et i Plantelegemet sammenhængende Strængsystem, Ledningsvævet eller Ledningsstrængene (ofte ogsaa kaldet

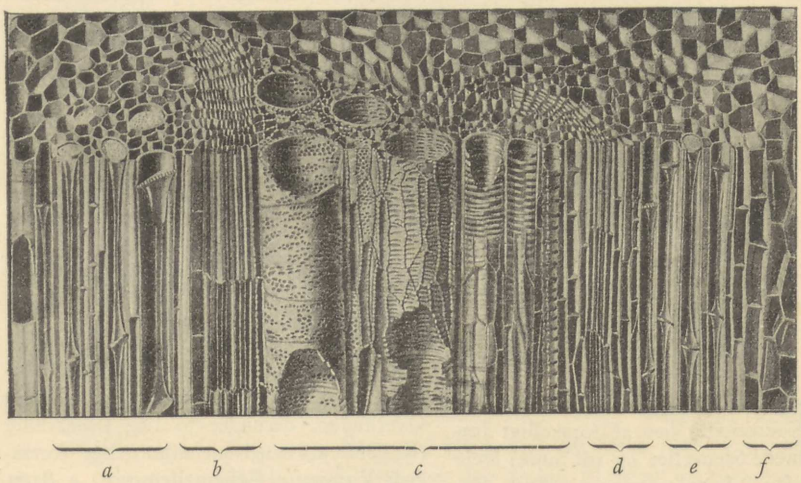


Fig. 49. Længde- og Tværsnit af en Ledningsstræng i en Agurkestængel. *a* ydre Sidel med Sirør og Siparenkymceller, *b* ydre Dannelsesvæv (Kambium), *c* Kardel med Pore-, Net-, Skrue- og Ringkar (fra Venstre mod Højre) og derimellem Vedparenkym- og Vedtaveceller, *d* indre Kambium, *e* indre Sidel, *f* Marven.

»Karstrængene«), der fra Roden med en bestemt Anordning løber op igennem Stænglerne og ud i Bladene og saavel fører Vand og Næringssalte, der optages gennem Roden, opad i Plantelegemet, som de Næringsstoffer, der optages og tilberedes i Bladene, nedad. Til den opadstigende Stoftransport synes særlig Karrene og de dem omgivende Grundvævsceller at tjene, til den nedadstigende særlig Sirørene og deres ledsagende Celler. Karrene er forøvrigt døde Elementer, hvis Vægge er stærkt og ejendommeligt fortykkede og omdannede (Skrue-, Ring-, Net- og Porekar, Fig. 49), og som derfor tillige udfører en mekanisk Opgave, en Afstivning af

Plantelegemet; deres Indhold er Luft eller Vand og deri opløste Stoffer. Sirørene er derimod levende, fører Protoplasma og Cellesaft, i unge Stadier tillige Kærne, og da de er tyndvæggede, spiller de ingen Rolle for Afstivning o. l. Men indblandede mellem Kar og Sirør finder vi saa forøvrigt flere forskellige Slags Celler, der hører til de egentlige Skeletvæv, uden anden Funktion end den at tjene mekaniske Opgaver, skønt de ofte er inderligt forbundne med Ledningsstrængenes Elementer og udgør en Del af disse. Foruden Kar og de med Karrene beslægtede Vandrørsceller (Trakeïder) hører der til Skeletvævet forskellige langstrakte, tykvæggede, oftest døde, luftfyldte Celler af forskellige Typer, som Bastcellen, Vedtavecellen m. fl. (se Fig. 49 og 54), der sammen-



Fig. 50. Snit gennem Stenen af en Kokosnød. Væv af forskelligt formede Stenceller og (til højre) Dele af en Ledningsstræng. (Sml. Fig. 36 og 37.)

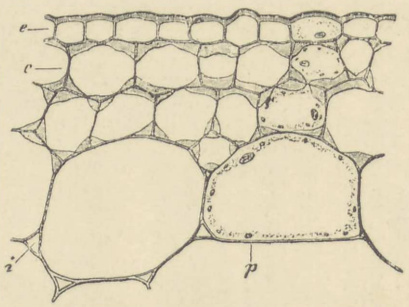


Fig. 51. Tværsnit gennem de ydre Cellelag af en Balsaminestængel. Yderst Overhuden, derunder to Lag Bruskceller (Kollenkym) med ejendommeligt fortykkede Vægge. *i* Cellemellemrum, *p* Barkparenkymceller.

fattes under Betegnelsen Prosenkym eller Langceller; men enkelte Kortceller som Stencellen (Fig. 50) kan dog ogsaa indgaa i Skeletvævet, og Hudceller er forøvrigt ogsaa ofte saaledes uddannede, at de med Rette vilde kunne regnes til Skeletvævet. En ejendommelig Slags Celler, der i Reglen danner særlige Strænge i urteagtige Stængler, er de saakaldte Brusk- eller Kollenkymceller (Fig. 51), som ved Siden af at have Væggene delvis fortykkede og derved være tjenlige til Afstivning, dog er levende og fyldte med Protoplasma. — Undertiden er Skeletvæv af Sejbast og Kollenkym samlet i Strænge uden Indblanding af ledende Elementer, undertiden kan Ledningsstrængene være næsten helt uden Afstivning, og dette er blandt andet Tilfældet med de Celler eller Cellesystemer, der fører Mælkesaft i mange Planter. Endelig er der

i Plantelegemet ofte et højt udviklet Luftkanalsystem (Fig. 52 og 53), der i Reglen opstaar ved, at Cellerne viger ud fra hinanden, saa der dannes Cellemellemrum (Intercellularer). Dette System har stor Betydning for Plantens Ernæring (med Kulsyre) og for Aandedrættet

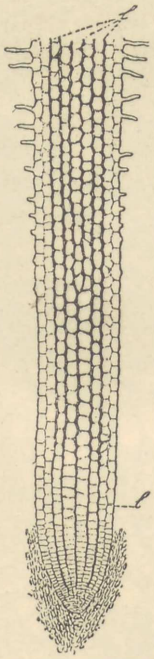


Fig. 52. Rodspidsen af Rajgræs, betragtet i Vand ved svag Forstørrelse. *l* Luftgange. Foroven Rodhaar i Udvikling, forneden Rodhætten, der beskytter Vækstpunktet.

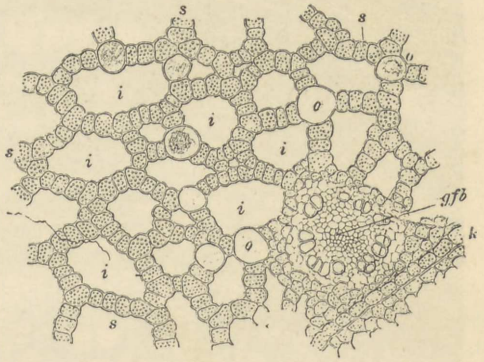


Fig. 53. Tværsnit gennem Rodstokken af Kalmus. *i* Luftrum (Intercellularer). *gfb* Ledningsstræng.

(Adgang af Ilt til dybereliggende Væv). — Men alt i alt ses det, at det ikke er saa let at holde de forskellige Vævsystemer skarpt ude fra hinanden [1]).

Hosføjede Figurer, der viser Snit af Blad (Fig. 45), Stængel (Fig. 54) og Rod (Fig. 55), vil yderligere illustrere det foran anførte og samtidig fremhæve Lighedspunkterne og Forskellighederne mellem den højere Plantes og det højere Dyrs Legemsbygning. Det særlig karakteristiske for Plantecellerne er deres faste og ofte kompliceret udformede Væg, der holder de enkelte Celler skarpt adskilte og virkelig giver Plantelegemet en kamret Bygning, som straks var de gamle Anatomer paafaldende, medens den dyriske Celle som oftest er nøgen, og det kan være vanskeligt at træffe Grän-

[1]) I den nyeste Tid er der fremkommen interessante Undersøgelser fra russisk Side (Palladin, Kostytschew), der gaar ud paa, at der i Planterne skulde findes en Slags Blod, der spiller samme Rolle som Dyrenes og bl. a. er medvirkende ved Aandedrættet. Man har nemlig i de mest forskellige Planters Safter, næsten overalt, hvor man har søgt efter dem, kunnet paavise Stoffer, der særlig begærligt optager Luftens Ilt og overfører

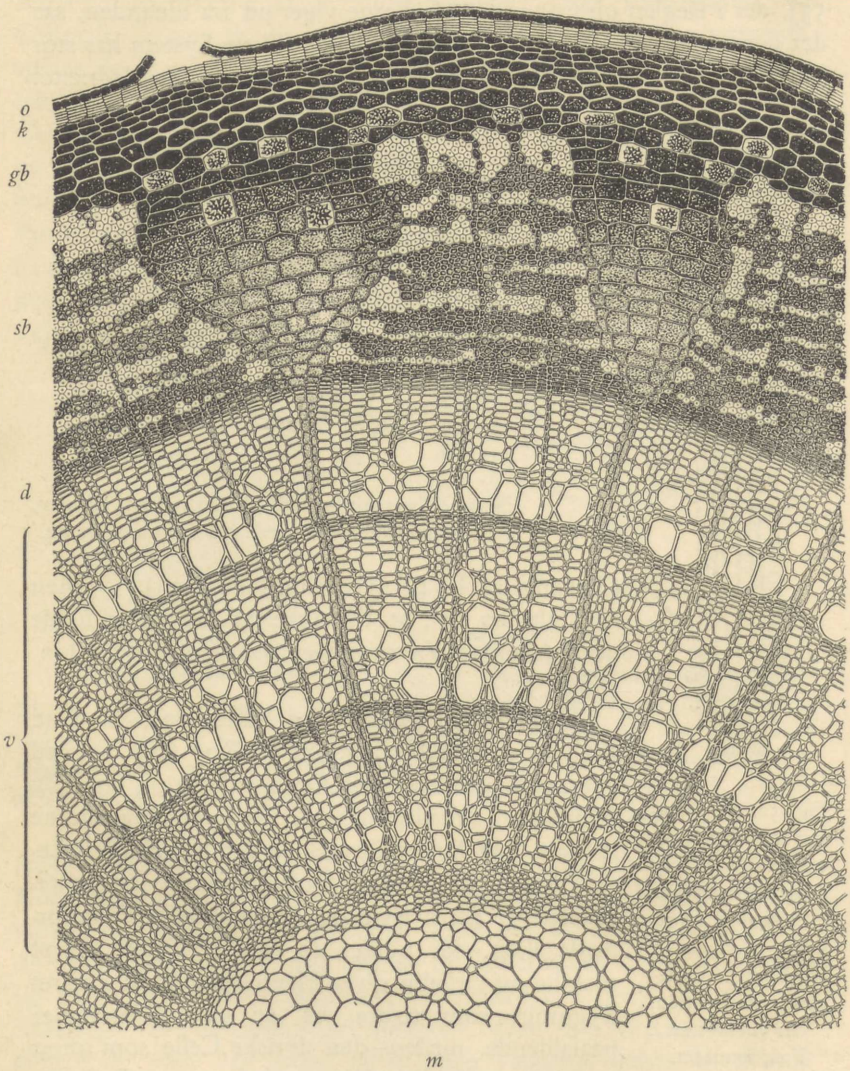


Fig. 54. Tværsnit af treaarig Gren af Lind. *o* den døde, sprængte Overhud, *k* Kork, *gb* grøn Bark med nogle krystalførende Celler, *sb* tykvæggede Sejbastceller i den indre Del af Barken. De tragtformede Dannelser er Marvstraaler, der strækker sig fra Barken gennem Veddet indtil Marven. *d* Dannelsesvævet (Kambiet), *v* Veddelen bestaaende af 3 Aarringe, hvori de store Kar, der dannes om Foraaret, er særlig fremtrædende; *m* Marven.

serne mellem Cellerne eller at afgøre, om man har med en eller flere Celler at gøre.

I de allerførste Stadier af Udviklingen, naar den hunlige Kønscelle netop er bleven befrugtet og har foretaget sine første Delinger, er der tilsyneladende ikke stor Forskel paa Dyr og Plante (Fig. 56—58). Begge befinder sig da i en Fostertilstand, under hvilken Cellerne efterhaanden uddifferentierer sig, og de enkelte Væv udformer sig [1]). Men medens den Tid, Dyret befinder sig i Fostertilstanden, er ret begrænset, og hvert Vævsysystem snart faar sit eget Dannelsescentrum, samt efter en noget længere Periode, der dog i Reglen kun repræsenterer en Brøkdel af Individets normale Liv, Væksten og dermed den indre Udformning af Væv helt standser for Dyrenes Vedkommende, saa hører egentlig hverken Fostertilstanden eller

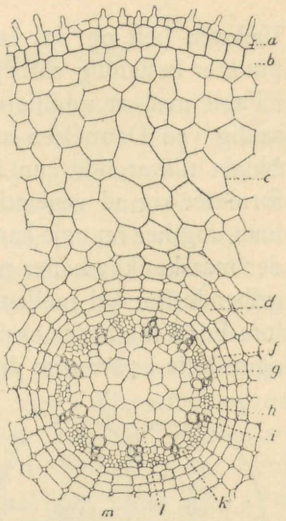


Fig. 55. Tværsnit af en Aloërod *a* Overhud (*Epidermis*) med Rodhaar, *b* Yderhud (*Eksodermis*), *c* Yderbark, *d* Inderbark, *f* Inderhud (*Endodermis*), *g*—*m* Central, cylinder med Sivævstræng (*h*) Karstræng (*i*) og Marv (*l*).

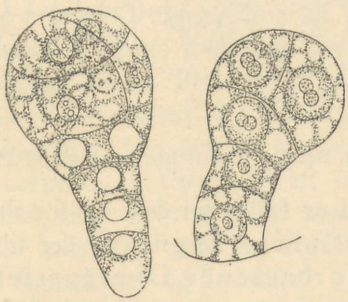


Fig. 56. Kim af Rødløg i de første Udviklingsstadier.

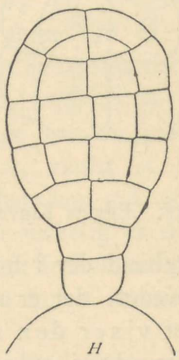


Fig. 57. Kim af Skeblad (*Alisma*) paa et ungt Stadium.

denne (eller ogsaa bunden Ilt) paa de Forbindelser, der fraspaltes Vævene under Stofskiftevirksomheden, saa Aandedrætsprodukterne, Kulsyre og Vand, skulde fremgaa som Endeprodukter heraf (se herom senere under »Stofskifte«).

[1]) Hvorledes der under Stofskiftet, saa længe Livet varer, stadig foregaar Henfald og Nydannelse af levende Stof, i de gamle Former, er tidligere berørt (S. 21) og vil senere igen blive Genstand for Omtale. (Se Afsnittet om Ernæring og Stofskifte.)

Væksten helt op, saa længe Planten lever; der findes i dens Vækstpunkter bestandig embryonalt Væv (ɔ: Væv i Fostertilstand), der er i Færd med at uddifferentiere sig, og Plantens Stofmasse forandres stadig ved Dannelsen af nye Organer og Hendøen af ældre Dele. Noget tilsvarende kan man vel nok finde hos visse lavere Dyr, der formerer sig ad vegetativ Vej, som Koraldyrene (se Fig. 63), skønt man dog her ret nøje kan afgrænse det enkelte Individs Udvikling, saa der maaske ikke heller paa dette Punkt kan siges at være en gennemgribende Forskel mellem Dyre- og Planteriget; men saadanne absolute Forskelligheder eksisterer maaske overhovedet ikke, hvorfor det ogsaa ofte er svært at drage en skarp Grænse mellem disse to Riger.

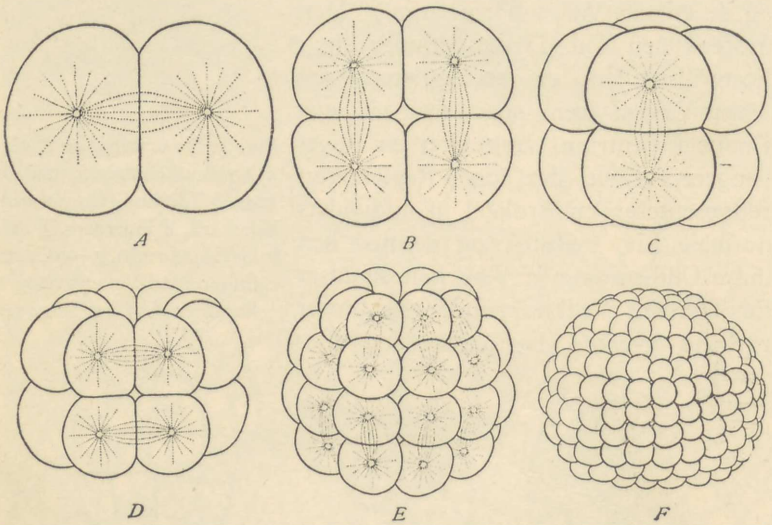


Fig. 58. Æggets Kløvning (efter Befrugtningen) hos en Søpølse (*Synapta*).

Og hvad der i hvert Fald er fælles for dem og for alt levende overhovedet, det er den cellulære Bygning, der til syvende og sidst viser den mest forbavsende Overensstemmelse mellem de i ydre Henseende mest forskelligartede Organismer. Det er til den, vi maa gaa, naar vi vil studere Livet og dets Love, og ethvert Fremskridt i vort Kendskab til Cellen bliver derfor Betingelsen for en dybere Forstaaelse af Livet overhovedet. I Erkendelsen heraf er det, at Celleforskningen (Cytologien) i vore Dage har saa mange og saa fremragende Dyrkere, og at man i den maa søge Grundlaget for hele den almindelige, og for saa vidt ogsaa den specielle, Biologi.

2. Livsenheder. Individbegrebet.

Til Trods for den forbavsende Overensstemmelse mellem alle levende Væsener, som Cellebygningen er et Udtryk for, er Livsevnen dog spaltet ud og nedlagt i en Mangfoldighed af Livsenheder, som man ved rent ydre Kendetegn kan adskille fra hverandre og klassificere i utallige mere eller mindre nærstaaende Grupper. Foruden de nulevende har der desuden eksisteret en mindst lige saa stor Mængde af uddøde Former, og stadig opstaar der flere med helt nye Karakterer, saa der synes ingen Grænse at være for de Variationer og Kombinationer, som Naturen formaar at frembringe af de enkelte Egenskaber, der i Elementarorganet Cellen kan genfindes hos alt levende. Naar visse ydre Betingelser er til Stede, former det levende Stof sig til Enheder, der fremtræder for os som Individer, og som har den Evne ikke alene selv at kunne eksistere en bestemt Tid, men ogsaa at kunne give Liv til nye Individer med samme Egenskaber, saa der i Reglen træffes flere Enere af samme Livstype.

Det er da denne Ener, der i første Række tiltrækker sig vor Opmærksomhed, og som maa gøres til Genstand for et Studium, hvis vi vil se at forstaa Livsudfoldelsen i det hele taget. For Erhvervelsen af en dybere Indsigt er dernæst en Sammenligning mellem forskellige Enere nødvendig, og først ved et Overblik over saa mange Grupper, som det er muligt at sammenfatte, naaes en Erkendelse af det fundamentale i Livets Love.

Men her støder Biologen mange Gange paa en erkendelsesteoretisk Vanskelighed af rent formel Art, skønt af stor reel Betydning, som han maa se at klare, før han kan gaa videre. Og denne bestaar i en Fastslaaen af, hvad der virkelig er den biologiske Ener, eller hvor han har med et enkelt Individ at gøre, som han maa isolere og rette sin Forsken imod for at forstaa Typens særlige Egenskaber og Livskaar.

Individet kan nemlig fremtræde mere eller mindre skarpt afgrænset fra andre Individer efter de højst forskellige Skikkelser, under hvilke det fører sit daglige Liv.

Det kan jo 1) være repræsenteret af en enkelt Celle, med en enkelt Cellekærne, saaledes som de fleste af de Organismer, vi regner til Protistriget — for Størstedelen bestaaende af mikroskopiske Væsener — er det (Bakterierne, en Mængde Alger, Svampe og Protozoer, se Fig. 18—21).

Men vi kan ogsaaa have for os 2) en, i Reglen større, Celle med mange Kærner, et Syncytium, af hvilke enkelte Dele ofte kan isoleres og leve deres selvstændige Liv. Eksempler herpaa er Algerne *Caulerpa* (Fig. 59) og *Botrydium* (Fig. 60), Svampen *Mucor*, og af Dyr flere Radiolarier o. a. Her kan det straks være Tvivl underkastet, hvad man virkelig skal forstaa ved Livsenheder.

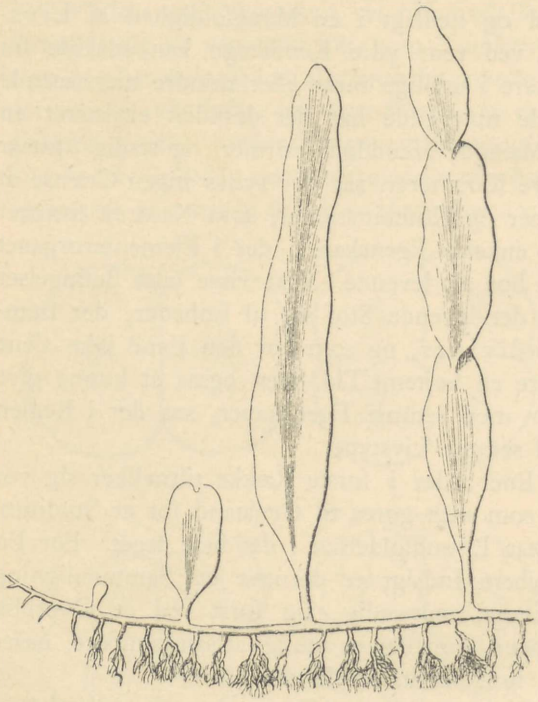


Fig. 59. Et Stykke af Grønalgen *Caulerpa prolifera* i naturlig Størrelse. Den kan forøvrigt blive endnu meget større, over 1 Meter lang, og de bladagtige Dannelser flere Decimeter lange. Hele Planten udgør et sammenhængende Cellerum, men med mange Kærner og Tilløb til Skillevægge ved Indsnøringerne. Flere Arter af denne Algeslægt forekommer i store Mængder bl. a. i Middelhavet.

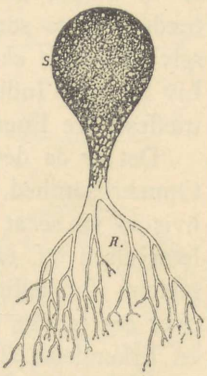


Fig. 60. *Botrydium granulatum*, 15 Gange forstørret. En paa Jorden levende Grønalge, bestaaende af et Cellerum med mange Kærner og rodlignende Udløbere.

Ofte fremtræder dernæst Livstypen 3) som en Koloni af ensartede, hver for sig selvstændige, enkærnede Celler, der dog i Naturen ikke optræder enkeltvis, men ofte i et ganske bestemt Antal, med en bestemt indbyrdes Anordning, der giver dem en karakteristisk ydre Form. Saaledes forholder f. Eks. mange Bakterier (Kædeformer, Zoogloeaer m. fl.), Algerne *Pandorina*, *Eudorina* (Fig. 61) og *Volvox*, af Infusionsdyrene Vorticellerne m. fl.

(Fig. 62) sig. Her kan der da diskuteres om, hvorvidt Individet er encellet eller flercellet.

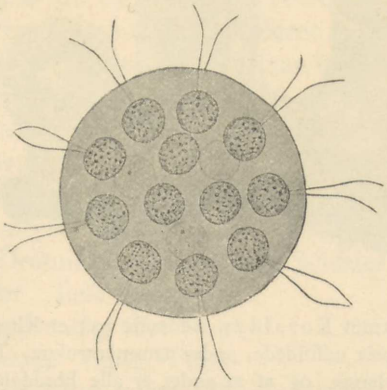


Fig. 61. *Eudorina elegans*, en Koloni af smaa, bevægelige, encellede Grønalger, der ligger i et fælles Geléhylster.

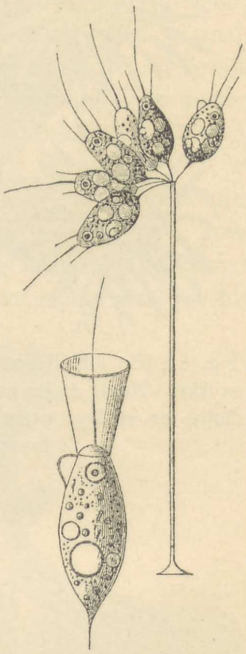


Fig. 62. Et kolonidannende Infusionsdyr (*Codosiga Botrytis*), hvor de enkelte Individer sidder paa en fælles Stilk. Forneden til Venstre en enkelt Celle med en Kærne, Vakuoler og optagne Næringsboller.

4) Flere forskelligartede, indbyrdes afhængige Celler, som hver især udfører en for Helheden nødvendig Livsfunktion, kan forene sig til en Person. Saaledes er i Virkeligheden de fleste højere Organismer byggede, og her har vi Tilfælde for os, der i Reglen ikke volder nogen Vanskelighed til Bestemmelsen af Individbegrebet.

5) Men flere saadanne Personer kan ogsaa forene sig til en Enhed af højere Orden, til en Koloni af ensartede Personer, der ikke hver for sig er ganske selvstændige, men rent organisk mere eller mindre inderligt forbundne med hinanden. Dette er Tilfældet med saa at sige hele den Gruppe Dyr, der kaldes Bryozoer (Mosdyr), med flere Hydroidpolyper og Koraldyr (se Fig. 63), af hvilke de sidste jo som bekendt ofte danner kæmpemæssige Koralstokke, hvori de enkelte Dyr ikke alene er forbundne ved det faste Kalkskelet, men ogsaa ofte ved Kanaler, der sætter deres Tarmhuler i Forbindelse med hinanden.

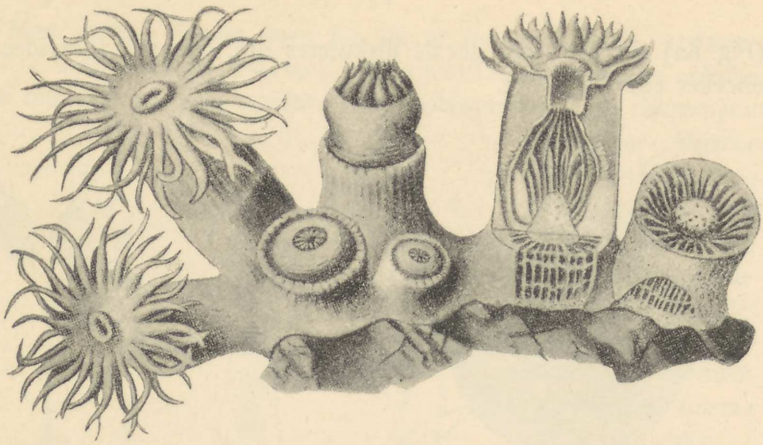


Fig. 63. En lille Koloni af et mangearmet Koraldyr, siddende paa et Klippestykke. Nogle af de enkelte Dyr er helt udfoldede, andre sammentrukne. Tilhøjre er et Dyr gennemskaaret paa langs, og af et andet er alle Bløddelene borttagne, saa kun Kalkskelettet er tilbage.

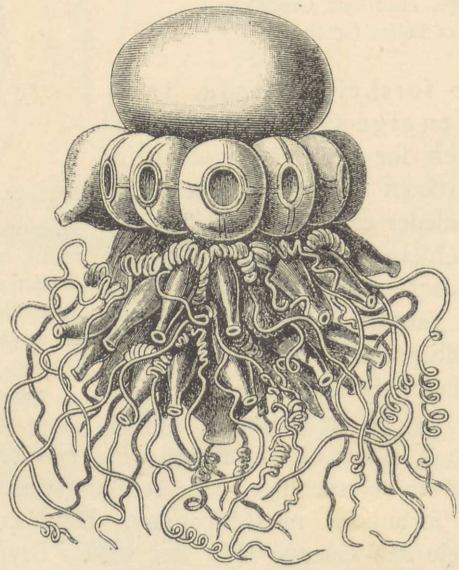


Fig. 64. En Blæregople (*Stephalia corona*) bestaaende af mange forskelligt uddannede enkelte Personer. Foroven en, der fungerer som Svømmeblære, derunder en Krans af Svømmeklokker, dernæst Dyr, der er uddannede til Fangst med lange Fangarme, hvorpaa der sidder Føleorganer og Nældekapsler, og andre, der tjener til Næringsoptagelse, idet de væsentligst udgør et Maverum med Mundaabning. I Midten findes en større Centralpolyp, hvorigennem alle Dyr staar i Forbindelse med hverandre. Desuden findes der Dyr med Forplantningsorganer, som ikke er synlige paa Figuren.

6) En Koloni kan desuden ogsaa bestaa af flere uensartede Personer, der udfører hver sin for det fælles Hele nødvendige Funktion, og her kan da igen forekomme 2 Tilfælde: a) at de enkelte Personer er fast forbundne med hinanden som hos Blæregoplerne (Siphonophorerne, Fig. 64). Af Personerne i disses Kolonier kan en besørge Ernæringsarbejdet, en anden være særligt uddannet til at udtøre visse Sansefunktioner (Følere), en tredje udfører Forplantningsfunktionerne, en fjerde tjener til at holde hele Kolonien flydende ved at være uddannet som en Svømmeblære osv. b) De enkelte Personer kan være frie, som i Myre- og Bistaderne med deres kønnede og ukønnede Personer (Dronning, Arbejdere og Soldater), der hver for sig udfører en for det hele Samfund nødvendig eller overmaade vigtig Funktion. Og noget ganske tilsvarende træffer vi jo forøvrigt i de højt kultiverede Menneskesamfund, hvor en vidtstrakt Arbejdets Deling har gjort de enkelte Personer overordentlig ensidige og i høj Grad indbyrdes afhængige.

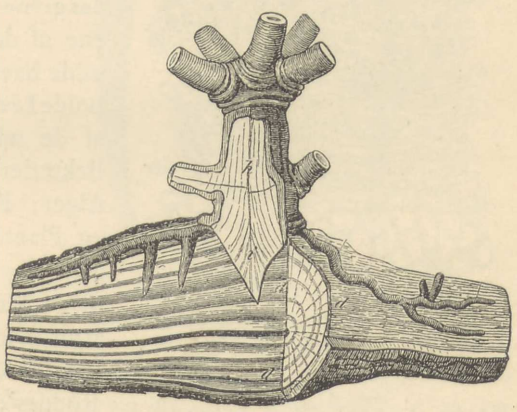


Fig. 65. Mistelten, hvis Sidegrene er afskaarne. Figuren viser, hvor inderligt sammenvokset Snylteren er med sin Værtplante, i hvis Grene den nedsænker sine Rødder. *h* Stænglens Veddel, *i* Hovedroden, *e* Siderødder, *d* Værtgrenens Vedmasse.

7) Endelig kan der ekistere Dobbeltvæsener, af hvilke i hvert Fald det ene Led for sig vilde være ude af Stand til at klare sig i Kampen for Tilværelsen, og hvor ofte begge yder hinanden værdifuld Støtte. Dette Tilfælde er overmaade hyppigt i den levende Natur, men selve Forholdet mellem de to Organismer, der lever deres Liv saaledes inderlig forbundne, kan dog være af meget forskellig Art. Vi kan her enten have med a) et Snylteforhold (Parasitisme) eller b) et venskabeligt og gensidig nyttigt Samliv (Symbiose) at gøre. Mange Organismer er kun lejlighedsvise Snyltere, idet de meget vel er i Stand til at klare sig paa egen Haand, men en stor Mængde er saa udprægede (obligate),

Snyltevæsener, at de uvægerligt gaar til Grunde, naar de ikke finder en passende Vært at snylte i. At de saa ofte fremkalder dennes Død, er en Sag for sig, omend dette kan blive skæbnesvangert for Snylteren selv, hvis den ikke imidlertid finder Plads i et nyt Offer. Til denne Gruppe Væsener hører mange sygdomsvækkende Bakterier, Snyltesvampe, Infusionsdyr, Snylteorme og Snyltekrebs og endogsaa flere højere Planter som Silkearterne, Snylterod, Mistelten (Fig. 65) m. fl.

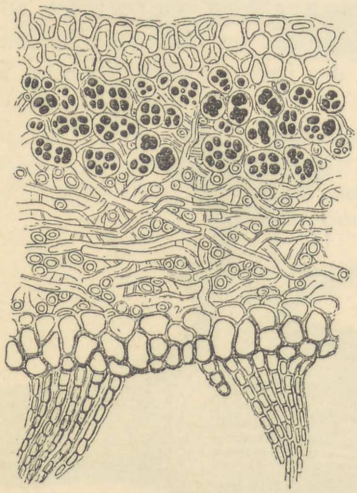


Fig. 66. Lavart (*Sticta fuliginosa*) i Tværsnit. I Svampevævet ligger de mørkt tegnede, smaa Grønalger indesluttede. Nogle af disse er i Færd med at dele sig. De rodlignende Organer forneden er dannede af Svampen, der ved dem skaffer Vand og mineralsk Næring. Algen assimilerer Kulsyre og skaffer derved Svampen organisk Næring.

Men lige saa hyppigt er det venskabelige Samliv, Symbiosen, der kan have til Følge, at to Organismer er i Stand til at klare sig under givne Forhold, hvor det for den ene af dem eller for dem begge vilde have været umuligt at opretholde Livet paa egen Haand. Mange af de mindste Organismer, som Bakterier indbyrdes, Bakterier og Alger, Bakterier og højere Dyr og Planter, eller Svampe og Alger, der tilsammen udgør den Slags Væsener, der kaldes Lavarter (Fig. 66), Svampe og højere Planter (Mykorrhizer), paa hvis Rødder de første lever, og mange andre Tilfælde er Eksempler herpaa. Og saadanne kan virkelig undertiden volde Vanskeligheder, hvor det gælder at afgøre, om man har med et eller flere Individer at gøre, fordi de udad- og indadtil jo ofte fremtræder som et enkelt, vel afgrænset Væsen.

Men man kan dog vist med Rette definere Individet som en sammenhængende Masse levende Stof, der danner en Enhed, og som under bestemte ydre Livskaar er i Stand til at klare sig selv.

Individet er altsaa en udelt Enhed, men det behøver ikke at være udeleligt. Mange Dyr og Planter lader sig ved Snit dele i flere enkelte Stykker, der hvert for sig kan re-

generere sig som selvstændigt Individ. Endogsaa med saadanne Organismer, der kun bestaar af en enkelt Celle, som visse Infusionsdyr (*Stentor*, Fig. 67), lader dette sig gøre. Bekendt for sin store Delelighed er ogsaa den lille Polyp *Hydra* og Søstjærnerne, hvis enkelte Arme foruden Kropskiven hver for sig kan vokse ud til nye fuldkomne Individer. Og en Mængde højere Planter lader sig som bekendt dele paa lignende Maade, eller de deler sig selv, ved at visse vegetative Organer løsner sig fra Moderorganismen og danner nye selvstændige Individer (Stiklinger, der kan være afskaarne Skud eller Blade, Rodstykker, Aflæggere, Knolde, Løg, Udløbere osv., se Fig. 9, S. 25).

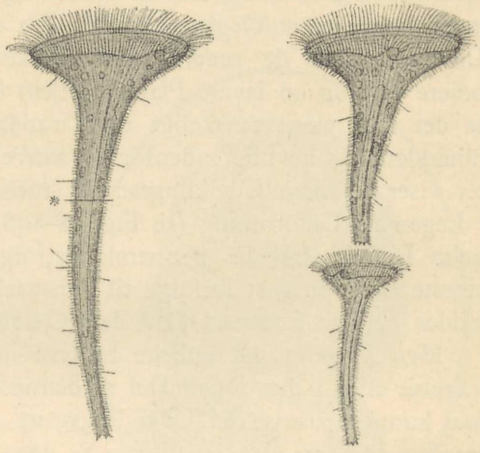


Fig. 67. *Stentor Roeselii*, et trompetformet Infusionsdyr. Ved Overskæring vokser hver Halvdel ud til et nyt Individ, skønt Kærnen (det lange Legeme, der strækker sig gennem Cellen) ogsaa herved bliver sønderdelt.

Men man kan ogsaa gaa den modsatte Vej og faa flere enkelte Individer til at vokse sammen til et. Saadanne Eksperimenter er f. Eks. gjorte med Regnorme, af hvilke man ved Afskæring af For- og Bagenderne kan danne en lang Kæde af Individer, hvis Fordøjelseskanal, Nerve- og Blodkarsystem forener sig paa den Maade, at det i Virkeligheden bliver et eneste Individ. Endogsaa Sammenvoksning til en Ring er lykkedes med disse Dyr, hvorved de naturligvis dog maa gaa deres Undergang i Møde, idet hele Fordøjelseskanalen paa den Maade bliver lukket.

3. Evolutionen.

Som Individet fremtræder for os i sin typiske Skikkelse, den, vi lægger til Grund for en Beskrivelse af det, har det dog ikke eksisteret fra det Øjeblik, det fik Liv. Den første Betingelse for dets Eksistens er i Almindelighed enten Befrugtningen af en Kønscelle

eller en særegen Celledelingsproces, hvorved ad rent vegetativ Vej Grundstenen lægges til et nyt selvstændigt Individ. Men hvis dette bliver et flercellet Væsen, bygges det op Trin for Trin ved fortsatte Celledelinger efter en bestemt Plan, udenom hvilken det fuldvoksne Individ efterhaanden udformer sig, d. v. s. det gennemløber en Udvikling fra en oprindelig meget simpel til en ofte højst kompliceret Organisation[1]). Paa de første Stadier af deres Udvikling kan de senere mest forskelligartede Organismer (et højere Dyr og en lavere Plante f. Eks.) ligne hinanden saa meget, at det kan være vanskeligt rent umiddelbart at skelne dem fra hinanden, og navnlig indenfor de større Grupper af Dyr og Planter viser de første Udviklingsstadier forbavsende Overensstemmelse i Legemets Udformning (se Fig. 56—58). Den Udvikling, det enkelte Individ saaledes gennemløber, og som det ogsaa har den største Betydning at forfølge til Forstaaelsen af dets Særegenheder, kaldes med et fremmed Ord dets Ontogenese.

Men ligesom det enkelte Individ udvikler sig under sin Tilværelse eller i den første Del af denne, saaledes har man nu ogsaa kunnet paavise en Udviklingsgang i hele den levende Natur overhovedet, fra den ene Form til den anden, og da fra oprindelig lavt staaende til stadig højere og højere udviklede Organismer. Denne Udvikling fra Art til Art eller fra Stamme til Stamme kaldes for Fylogenesen.

Naar det har været muligt at bringe alle kendte Dyr og Planter ind under et naturligt og derfor overskueligt System, saa er det netop, fordi visse Karakterer og Lighedspunkter kan forfølges fra den ene Type og Gruppe til den anden, saa der synes at være en Slægtskabsforbindelse, der slaar Bro mellem alle Jordens mest forkelligartede levende Væsener.

Tages hver af de to store Grupper, Dyre- og Planteriget, for sig, kan saadanne Overgange paavises mellem de allerfleste større og mindre Afdelinger, og paa de laveste som de højeste Trin mødes desuden baade Dyre- og Planterigets Repræsentanter i fælles henholdsvis ydre og indre Træk.

---

[1]) Man kender dog ogsaa Eksempler paa en tilbageskridende (retrograd) Udvikling, især hos snyltende Organismer, som f. Eks. flere Snyltekrebs, der efterhaanden mister en hel Del af de Organer, der var udviklede paa et yngre Stadium.

Undertiden kunde Udviklingen vel synes at være sket fra flere Udgangspunkter, idet man kan træffe indbyrdes meget forskellige, parallelt løbende Rækker, men muligvis har der dog oprindelig kun været en Urform, en uhyre simpelt bygget Moderorganisme for alt levende.

I Planteriget kan man smukt paavise en naturlig Udvikling med ret jævne Overgange fra Alger og Svampe gennem Mosser, Bregner, Padderokker og Ulvefødder til Nøgenfrøede og Blomsterplanterne, og i Dyreriget en tilsvarende fra Urdyrene (Protozoerne) gennem Koraldyr, Pighude, Orme, Leddyr og Bløddyr til Hvirveldyrene. Og indenfor de enkelte af disse store Grupper kan Udviklingen saa igen nærmere forfølges, som f. Eks. i Hvirveldyrenes Række fra Fiskene gennem Padder til Krybdyr, hvorfra Udviklingen gaar ad to Veje, dels til Fuglene, dels til Pattedyrene med Mennesket som den sidst opstaaede Underorden indenfor disse sidste.



Fig. 68. JEAN-BAPTISTE LAMARCK (1744—1829). Fransk Botaniker og Zoolog. Fremsatte i sit Værk »Philosophie zoologique« (1809) sin Udviklingslære, som han særlig søger at forklare ud fra Brug og Ikke-Brug af Organer samt fra de ydre Forholds Indflydelse paa Organismen (erhvervede Egenskabers Arvelighed). I de senere Aar har flere Biologer igen sluttet sig til hans Opfattelse (»Ny-Lamarckismen«). Det var L., der indførte Betegnelsen »Biologi«.

Tanken om, at der i den levende Natur har fundet en Udvikling Sted fra lavere til højere Former, havde allerede dæmret i Oldtiden, i græske Tænkeres Hjærne, men en mere solidt underbygget Teori derom (Evolutionsteorien eller Udviklingslæren) blev dog først udformet af den franske Naturforsker LAMARCK (1809) og ganske særlig af Englænderen CHARLES DARWIN i hans berømte Værk om »Arternes Oprindelse« (1859). Og det tør vist siges, at der snart næppe findes nogen betydende Naturforsker, der ikke fuldt ud har stillet sig paa dette Standpunkt og forladt den gamle Skabelsesteori, som

bl. a. LINNÉ hyldede, og som gik ud paa, at alle Organismer i Tidernes Morgen eller paa et eller andet bestemt Tidspunkt i vor Klodes Historie var skabte fuldt færdige, som vi træffer dem den Dag i Dag. Men de Kendsgerninger, hvormed man begrunder, og hvorpaa man støtter Evolutionsteorien, er for Størstedelen ogsaa først dragne frem i Løbet af det sidste Aarhundrede, saa man med lige saa stor Ret kan sige, at det er dem, der med tvingende

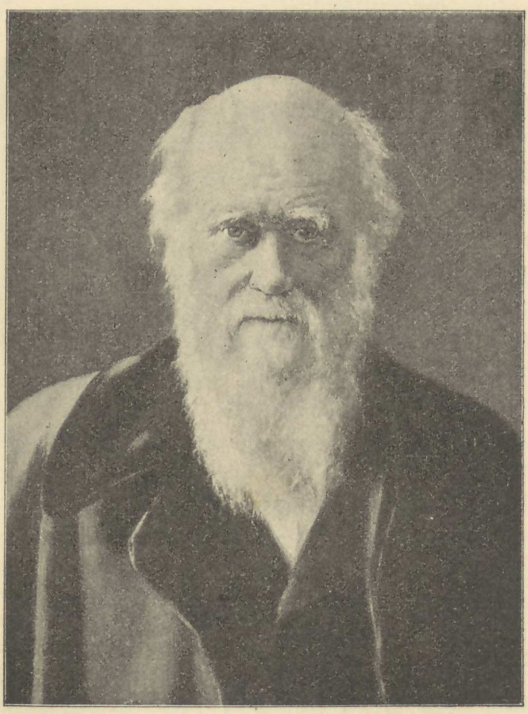


Fig. 69. CHARLES DARWIN (1809—1882), hvis vigtigste Værker og Betydning for Biologien nu saa at sige er kendte af Hvermand.

Nødvendighed har affødt Udviklingstanken og bragt den til Sejr langt udenfor Forskernes Kreds.

De Beviser, man har for denne Opfattelses Rigtighed, er i Korthed følgende:

1) Indenfor store Grupper af levende Væsener er der en paafaldende Overensstemmelse i den anatomiske Bygning af

Legemet og kun ganske smaa gradvise Overgange fra de lavere til de højere Former. Dette gør sig f. Eks. for Hvirveldyrenes Vedkommende gældende m. H. t. Skelettets, Hudens og Sanseorganernes Bygning, hvor i Hovedsagen den samme Grundplan er bibeholdt, og dette finder vi ogsaa hos de højere Planter, der ikke alene viser de største Overensstemmelser i den indre Bygning men ogsaa i Henseende til ydre (morfologiske) Karakterer, som ved Sondringen af Legemet i de 3 Grundorganer: Rod, Stængel og Blad, der hver med sine Ejendommeligheder kan genfindes hos næsten alle enkelte Typer; og lignende Overensstemmelser kan paavises i de metamorfoserede Kønsblades, Blomstens, Bygning hos alle Blomsterplanter med naturlig Tilknytning til de blomsterløse Planters Kønsorganer. Denne Fastholden ved en bestemt Grundplan fører saa vidt, at Organer, der paa Grund af en særegen Levevis er blevne ganske overflødige eller endogsaa nærmest skadelige for visse Organismer, dog bibeholdes i mer eller mindre uudviklet Skikkelse som rudimentære Organer, f. Eks. Baglemmerne hos Hvaler og visse Slanger, Menneskets Blindtarm og Visdomstænder, uudviklede Støvdragere eller Støvveje hos forskellige Blomster osv. M. H. t. saadanne Organers som f. Eks. Nervesystemets Udvikling vil vi finde de jævneste Overgange fra de laveste til de højeste Dyr, og noget lignende gælder Ledningsstrængene i Planteriget. Var Organismerne skabte uafhængigt af hverandre, er det ikke let at finde nogen plausibel Grund til de her omhandlede Forholds Optræden.

2) Den Udvikling, det enkelte Individ gennemløber under Fostertilstanden (Ontogenesen), afspejler i korte Træk ofte hele Stammens Udvikling (Fylogenesen). Eksempelvis skal her kun nævnes, at Pattedyr-, deriblandt ogsaa Menneskefostre, paa deres første Udviklingsstadier kan være vanskelige at skelne fra Fiske- eller Krybdyrfostre, idet de da alle mangler Lemmer, har en lang Hale og Gællespalter paa Halsen. Hertil kommer vi senere udførligere tilbage (se Afsnittet om Forplantningen).

3) Dertil kommer, at de geologiske Aflejringer, der viser selve Jordklodens Udviklingshistorie, tydeligt fortæller os, at de højest udviklede Organismer er de sidst opstaaede, yngste, Former, medens de ældste Lag kun opviser Rester af lavt staaende Dyr og Planter, hvis ydre Bygning delvis er bevaret som Forsteninger. Fra den allerældste Periode i den faste Jordskorpes

Historie, den arkæiske Tidsalder eller Urtiden, har man overhovedet ikke fundet noget Spor af levende Væsener. I den næste Periode, den eozoiske eller algonkiske Tidsalder, findes uhyre sparsomme Forsteninger. Men i den palæozoiske Tidsalder (Jordens Oldtid) begynder Forsteningerne at blive hyppigere, saaledes at der fra den ældste Periode (den kambriske) af dette Tidsrum kendes ialt c. 1000 Dyrearter, mest af den nu uddøde Havkrebsdyrafdeling, Trilobiterne, og af nogle muslingeagtige Væsener, der kaldes Brakiopoderne. I den siluriske og devoniske Periode optræder Forsteningerne stadigt rigere, og i den første af disse træffer vi saaledes allerede Fiskene, repræsenterede ved Bruskfisk, enkelte Skorpioner og Insekter samt nogle Planteaftryk. Ganske lærerigt er det ogsaa her at forfølge Hvirveldyrenes Optræden. Stenkul- og Permperioden, der udmærker sig ved deres Rigdom paa Planteforsteninger (nærmest hørende til Padderokkernes, Bregnernes og Ulvefoddernes Klasse samt enkelte Cykadeer og Naaletræer) har særlig været Paddernes Kulminationstid. I Jordens Middelalder (den mesozoiske Tidsalder, med Trias-, Jura- og Kridtperioden) falder Krybdyrenes Blomstringstid, medens der da ogsaa begynder at vise sig de første Spor af Benfisk, Fugle (Archæopteryx) og Pattedyr. Men først i Jordens nyere Tid (den kænozoiske Tidsalder med Tertiær- og Kvartærperioden) optræder disse sidste Dyreklasser i større Mængde og Mennesket rimeligvis først i Kvartærperioden, den, i hvilken vi endnu befinder os. Af Planter dominerede i den mesozoiske Tidsalder særligt Cykadeer og Naaletræer, medens de første en- og tokimbladede Blomsterplanter kun sparsomt optræder i Kridtperioden, men yppigst florerer i den kænozoiske Tidsalder og i Nutiden.

4) Vigtige Bidrag til Forstaaelsen af Udviklingsgangen blandt de levende Væsener yder ogsaa disses geografiske Udbredning eller Forskellighederne i Floraen og Faunaen paa strængt afgrænsede Omraader af Jorden. Paa det australske Kontinent og nogle omliggende Øer træffes f. Eks. en paafaldende gammel og ensartet Dyreverden, for Pattedyrenes Vedkommende bestaaende hovedsagelig af nogle af de ældste Former, de Krybdyrene nærstaaende, æglæggende Næbdyr og Pungdyrene, der med Undtagelse af i Sydamerika helt mangler paa den øvrige Del af Kloden, men i Australien for en stor Del erstatter flere andre Pattedyrordener, som ellers mangler der, idet de kan være uddannede og føre deres Liv som Gnavere, Rovdyr, Hovdyr, Insektædere, Aber m. fl.

Men i tidligere Jordperioder har Pungdyrene været udbredte ogsaa i andre Verdensdele. Endvidere har Sydamerika sin egen Fauna og Flora, Syd- og Mellemafrika—Indien sin, det nordlige Afrika—Evropa—største Delen af Asien og Nordamerika sin, og flere isolerede Øer deres karakteristiske Organismeverden. Disse Ejendommeligheder hænger nøje sammen med, hvorvidt de paagældende Omraader har været i landfast Forbindelse med hinanden eller ej, eller om store Bjergkæder o. l. har skilt dem fra andre nærliggende Omraader, hvilke Naturkatastrofer (Hævning og Sænkning af Landomraader) eller klimatiske Forandringer der er indtraadte og har faaet gamle Former til at forsvinde, nye til at optræde osv. — Og lige saa vanskeligt som det vilde være at forklare de herhen hørende Kendsgerninger efter Skabelsesteorien, lige saa let falder det at bringe dem i Overensstemmelse med Udviklingsteorien.

5) Dertil kommer endelig, at man nu har set nye Former opstaa og altsaa ogsaa har et rent empirisk Grundlag for Antagelsen af Evolutionsteorien. Hvorledes dette er gaaet til, ved saakaldet Mutation, maaske tillige ved Bastardering eller Udvalg, vil senere blive udførligere omtalt, saa vi her kan nøjes med blot at henvise til det paagældende Afsnit.

Udviklingslæren er altsaa ikke en i Luften svævende plausibel, filosofisk Hypotese, men derimod en med gode og tvingende Grunde underbygget Teori eller Lære, der har skaffet os Klarhed over en Mængde hidtil ganske dunkle og gaadefulde Fænomener og mere end nogen anden Tanke har virket befordrende paa hele Biologiens Udvikling i de 50 Aar, der netop nu er forløbne, siden Darwin's Værk om Arternes Oprindelse udkom.

B. Omverdenens Indflydelse. Kampen for Tilværelsen.

1. Næringsstoffer. Ilt og Vand.

Medens Enerne i den livløse Natur, der i Form af Krystaller eller Krystalgrupperinger kan være lige saa vel afgrænsede udadtil som de levende Individer, i deres fortsatte Bestaaen synes ret af-

hængige af de Naturforhold, hvorunder de optræder, vil et levende Væsen ikke kunne fortsætte sin Eksistens uden den inderligste Vekselvirkning med Omverdenen, fra hvilken det bl. a. stadig maa optage Stoffer i sig som Næring til Underholdning af Livsmaskineriets Virksomhed.

Ved en flygtig Betragtning ser det ud, som det er de mest forskelligartede Ting, Organismerne benytter som Næring, men en nærmere Undersøgelse vil, ligesom hvor det gælder deres elementære Bygning (Cellen) eller deres stoflige Sammensætning (se S. 6—7), vise os en forbavsende Ensartethed og storslaaet Sammenhæng mellem alt levende ogsaa i denne Henseende.

Næringskrav.

Det blev S. 7 omtalt, af hvilke Grundstoffer de levende Væsener bestaar, og at det i Hovedsagen er de samme for alle, hvad enten det gælder den lavest staaende lille mikroskopiske Plante eller det højest udviklede Dyr som et Menneske. Disse 10—12 til Dannelsen af et levende Væsen nødvendige Grundstoffer, der altsaa maa skaffes til Veje under Organismens Vækst og Udvikling, opmagasineres ikke blot simpelt hen i denne, men de udskilles ogsaa igen af det dyriske Legeme, selv naar dette er holdt op med at vokse, tildels ogsaa af Plantens Legeme i hele dettes Levetid. Der bliver da Tale om et Forbrug af Stof, der ved en Art Forbrændingsproces skal tjene til at udvikle Kraft og holde Livsmaskineriet i Gang.

Derfor kan Livet ogsaa kun opretholdes, hvor disse Stoffer staar til Disposition i Forbindelser, som Organismen kan benytte; ti selve Grundstofferne som saadanne, i fri Tilstand, er kun undtagelsesvis anvendelige som Næringsmidler. Og da de Forbindelser, der kommer i Betragtning i den levende Naturs daglige Husholdning, kun er nogle ganske faa, er det forholdsvis simpelt at faa en Oversigt over Planternes og Dyrenes Næringsstofkrav.

I denne Henseende kan alt levende sondres i to store Grupper:

I. De Organismer, der kan skaffe sig deres Føde uafhængigt af andre, af det Materiale, den livløse Natur frembyder, idet de kan leve alene af uorganiske Forbindelser.

Man kalder dem med et fremmed Ord de autotrofe (ɔ: selv nærende) Organismer. Og hertil hører

1) De bladgrøntførende Planter og
2) Nogle Bakterier (bl. a. Salpeterbakterierne).

II. De Organismer, der er afhængige af den Føde, andre tilbereder for dem, idet de nødvendigvis fordrer organiske Stoffer som Næringsmidler, men samtidig ogsaa optager en Del uorganiske Forbindelser. De kaldes heterotrofe (ɔ: saadanne, der maa ernæres af andre) og hertil hører

1) De Planter, der ikke fører Bladgrønt (ɔ: de fleste Snyltere og Raadplanter, bl. a. alle Svampe og de fleste Bakterier) og
2) Alle Dyr.

Det er da de autotrofe Væsener, der bliver Betingelsen for alle de andres Eksistens, fordi de alene er i Stand til at danne organisk Stof af uorganisk Materiale, naar man ser bort fra, hvad Mennesket ved sit Snille efterhaanden har lært sig (se S. 9—10), og hvorved det maaske ogsaa i Tidens Løb vil kunne gøre sig uafhængig af alle andre Organismer, blive til et autotroft Væsen, om end i noget anden Forstand end den, hvori denne Betegnelse ovenfor er tagen.

Det vil ses, at **de grønne Planter** egentlig er de vigtigste af alle levende Væsener, og vi maa da først undersøge, hvad disse Planter lever af, og hvorfra de faar deres Føde.

Hovednæringsstoffet for de grønne Planter — ved Siden af Vand, hvis særlige Betydning vi senere skal omtale — tør nok siges at være Kulsyre [1]), og denne optager de ved Hjælp af deres Blade eller andre bladgrøntførende Organer udelukkende fra Luftens forholdsvis ringe Beholdning (c. 3 Dele Kulsyre paa 10,000 Dele Luft) deraf. Hvorledes denne Proces, der kaldes Kulsyreassimilationen, foregaar under Sollysets Medvirkning, vil ogsaa senere blive nærmere behandlet, og her skal kun paapeges, at Størsteparten af Plantelegemet (Cellulose, Træstof, Stivelse, Sukker o. l.) er organiske Stoffer, der kan dannes af de rent uorganiske Forbindelser, Kulsyre og Vand, naar disse under

[1]) Hvor der her og i det følgende tales om Kulsyre, forstaaes derved egentlig Kulsyreanhydrid eller Kultveilte (CO_2).

bestemte Betingelser mødes i den bladgrøntførende, levende Celle.

Medens Kulsyren optages fra Luften gennem de overjordiske Organer, optages Størstedelen af Vandet for Landplanternes Vedkommende fra Jorden, hvor Rødder og lignende Organer henter det op. Men med Vandet følger saa mindre Mængder af andre nødvendige Næringsstoffer, der kan forsyne Planten med Kvælstof, Svovl, Fosfor, Klor, Natrium, Kalium, Kalk, Magnesia og Jærn, der er absolut nødvendige for dem, og andre Stoffer, som den lejlighedsvis optager i større eller mindre Mængder og til større eller mindre Nytte for den, som Silicium, Aluminium, Zink, Mangan osv. (se S. 7).

Som tidligere nævnt, forekommer Grundstofferne i utallige Forbindelser ude i Naturen, men de, der benyttes af Planterne som Næringsstoffer, er kun nogle ganske faa.

Kulstof, Ilt[1]) og Brint faaes næsten udelukkende gennem Kulsyre og Vand,

Kvælstof i Form af Salpetersyre og Ammoniak (i enkelte Tilfælde som frit Kvælstof).

Svovl, Fosfor og Klor optages som Svovlsyre, Fosforsyre og Saltsyre eller rettere, naar disse ligesom Salpetersyren forener sig med Metallerne Natrium, Kalium, Kalk, Magnium og Jærn eller den metallignende Base Ammoniak til Salte af henholdsvis svovlsur, saltsur og salpetersur Natron, Kali osv.; ti kun i slige Forbindelser kan Metallerne optages af Planterne, og de stærke, frie Syrer taales heller ikke som saadanne.

Hvilke Planternes Næringsstoffer er, har man lært ved talrige Forsøg, som med stor Omhu blev udførte i sidste Halvdel af forrige Aarhundrede. Det gjaldt ved saadanne Forsøg at vide nøje Besked med alle de Næringsstofkilder, Planten havde Adgang til, og da bl. a. at kende den Lufts Sammensætning, hvori de overjordiske Organer befandt sig, og den Næringsbund, hvori Rødderne voksede.

Ved at anbringe en grøn Plante i Lys i en afspærret Luftmængde kan man konstatere, at Planten efter nogen Tids Forløb vil opbruge den i Luften værende Kulsyre, og hvis det er almindelig atmosfærisk Luft, man arbejder med, vil dette meget hurtigt

[1]) Om Iltens Anvendelse som frit Grundstof ved Aandedrættet, se senere.

kunne indtræde. Planten vil herefter sygne hen, hvis der ikke tilføres den ny Kulsyre, men sker en saadan Fornyelse til Stadighed, ved at man lader en Strøm af atmosfærisk Luft gaa gennem Apparatet, eller man med Mellemrum leder større Mængder — dog ikke altfor store, der kan være skadelige — af kunstigt fremstillet Kulsyre ind i det, vil man se Planten trives i Forhold til den Kulsyremængde, der forbruges, saa man kan kontrollere, at Plantens hele Forøgelse af Kulstof ganske svarer til den forsvundne Kulsyres Indhold deraf. Og Planten kan alene nøjes med Kulsyre som kulstofholdigt Næringsmiddel, om den end ogsaa er i Stand til at optage mindre Mængder af andre Forbindelser som Glycerin, Sukker o. l. gennem Roden, naar disse Stoffer bydes den i en passende Koncentration. Imidlertid spiller disse sidste Kulstofkilder i Almindelighed ingen nævneværdig Rolle ude i Naturen, og de er i hvert Fald overflødige for de grønne Planter.

De andre Næringsstoffer maa man give Planten Adgang til at optage gennem Roden. Og her kan man nu tillave kunstige Blandinger, enten opløste i rent, destilleret Vand eller tilsatte udvasket og udglødet Kvartssand, der i sig selv ingen Næringsværdi har, fordi det bestaar af uopløseligt Kiselsyreanhydrid. Saadanne Kulturer kalder man henholdsvis Vand- og Sandkulturer, og det har vist sig, at man ved begge kan opdrætte almindelige Landplanter til normal Størrelse, Blomstring og Frugtsætning, naar man blot iagttager visse Forsigtighedsregler.

Vil man anstille et Vandkulturforsøg, kan man dertil vælge f. Eks. Majs, Havre, Ærter eller Bønner og anbringe deres af Frø spirede Kimplanter i en Beholder, en Flaske eller Krukke, saaledes, at Planten holdes fast ved en Vatprop, der eventuelt igen sidder i en flækket, gennemboret Korkprop el. lign., hvorfra den kan sende sine overjordiske Dele op i Luften og de underjordiske Dele ned i Beholderen. I denne anbringes da en Næringsopløsning, der f. Eks. kan være sammensat paa følgende Maade:

Til 1000 Gram destilleret Vand sættes

1 Gram salpetersurt Kali,
0,5 — svovlsur Magnesia,
0,5 — svovlsur Kalk,
0,5 — trebasisk fosforsur Kalk,
0.03 — svovlsurt Jærntveilte eller Jærnklorid
og, om man vil,
0,5 — Klornatrium (Kogsalt).

Med disse Salte vil man have tilsat alle nødvendige Grundstoffer undtagen Kulstof, men, som man vil se, rigtignok i yderst ringe Mængder, tilsammen repræsenterende en Opløsning paa c. 3 Promille. Men ret større Mængder gaar det heller ikke an at byde Planten paa en Gang. Bliver Koncentrationen paa over 5 Promille, vil Rødderne ikke kunne optage Næringsstofferne, og Planten bliver hurtig syg; men derimod kunde man med Held

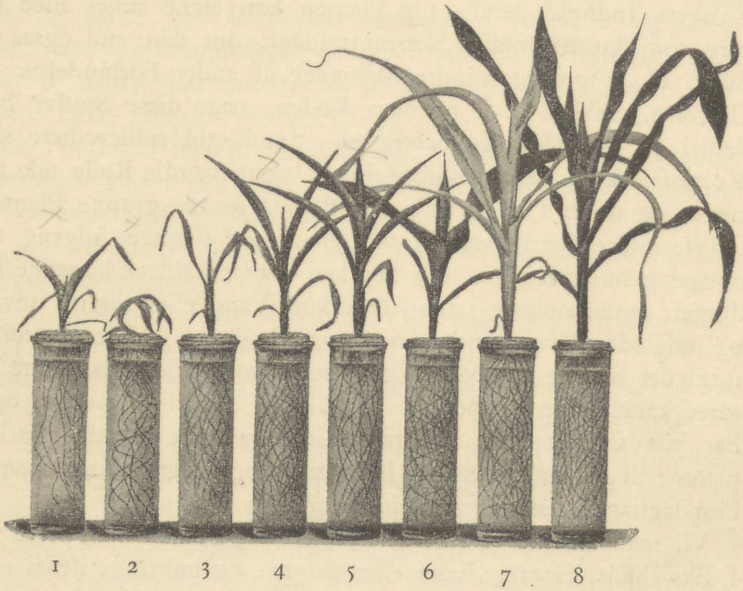


Fig. 70. Majs i Vandkultur efter $2^1/_2$ Maaneds Forløb.

Nr. 1. Destilleret Vand. — 2. Alle nødvendige Næringsstoffer undtagen Kalium. — 3. Alt undtagen Kalk. — 4. Alt undtagen Kvælstof. — 5. Alt undtagen Fosfor. — 6. Alt undtagen Magnium. — 7. Alt undtagen Jærn. — 8. Fuldstændig Næringsopløsning.

benytte endnu langt svagere Opløsninger, saaledes som Planten i Virkeligheden i Reglen forefinder dem i Jorden i det Vand, som dèr indeholder deres Næring. — Anvender man som Beholder et gennemsigtigt Glas, maa man helst overbinde det med sort Papir for at udelukke Rødderne fra Lysets Paavirkning, men da det sorte Papir igen indsuger megen Varme fra Lyset, gør man bedst i tillige at anbringe et Lag hvidt Papir yderst. For endelig at undgaa, at Rødderne skulde komme til at savne Ilt til deres Aande-

dræt (se herom senere), maa man af og til blæse nogen Luft ned i Næringsopløsningen og saa forøvrigt forny denne, efterhaanden som den bruges.

Omstaaende Fig, 70 viser, hvorledes Majs i Løbet af $2^1/_2$ Maaned har kunnet udvikle sig i en saadan Næringsopløsning (se Planten længst til Højre). Imidlertid viser dette Billede noget mere, som er overordentlig vigtigt, nemlig, at unddrager man Majsplanten blot et af de ved slige Forsøg fundne nødvendige Næringsstoffer, gaar Væksten enten helt i Staa, eller Udviklingen standser paa et for tidligt Trin. Af de 8 Forsøgsplanter har Nr. 1 kun faaet destilleret Vand, Nr. 2 alle nødvendige Næringsstoffer undtagen Kalium, Nr. 3 mangler Kalk, Nr. 4 mangler Kvælstof, Nr. 5 mangler Fosfor, Nr. 6 mangler Magnium, Nr. 7, der næsten har naaet normal Størrelse, men har faaet blege, gullige Blade (har Blegsot), mangler Jærn. medens Nr. 8, som sagt, har faaet alt, hvad den behøvede. Man vil nu lægge Mærke til, at selv om et Majsfrø bringes til Spiring i rent destilleret Vand, naaer Planten dog en vis Udvikling. Dette kommer af, at der i selve Frøet er oplagret en ikke ubetydelig Mængde af alle nødvendige Næringsstoffer, som Kimplanten kan tære paa, indtil den har faaet sit Rod- og Bladapparat saa vidt udviklet, at den selv kan begynde at skaffe sig Næring til sin videre Udvikling ude i Naturen. Og det ses tillige, at dette, om blot et nødvendigt Næringsstof, som f. Eks. Kalium, mangler, kan blive mere skæbnesvangert for Planten, end om den kun fik Vand alene, idet der da hurtigt indtræder sygelige Tilstande i dens Liv.

Hvilken Betydning de enkelte Næringsstoffer saa forøvrigt har, vilde det føre for vidt her at komme ind paa. For deres Vedkommende, der indgaar i Sammensætningen af saa vigtige Cellebestanddele som Æggehvidestofferne, hvilket gælder Kulstof, Ilt, Brint, Kvælstof, Svovl og Fosfor, er Betydningen umiddelbart indlysende, og Jærnets Rolle ved Dannelsen af det grønne Farvestof ses jo ogsaa let, men mere gaadefuld har Kaliums, Kalks og Magniums Betydning været, og det er først i den allerseneste Tid, at man er begyndt at faa lidt sikrere Kundskaber paa dette Omraade.

Anvender man Sandkulturer, i hvilke enkelte Planter synes at trives bedre, fordi man jo her byder en mere naturlig Voksebund for Rødderne, maa man ogsaa se at undgaa for høje Koncentrationer af Næringsstofferne. Men ved begge Metoder kan man nu endvidere undersøge, hvilke Forbindelser, der er anvende-

lige eller de bedste for de enkelte Planter. Kvælstof kan saaledes bydes enten i Form af Ammoniak- eller salpetersure Salte, og for nogle Planter er den ene, for andre den anden Form den gunstigste. Og de forskellige Salte, der kan kombineres af de før nævnte Syrer og Metaller, har ogsaa forskellig Næringsværdi.

Vi ser da, at vi her har Metoder for os, der egner sig til at løse overordentlig vigtige baade teoretiske og praktiske Spørgsmaal, og det er i Virkeligheden ved dem, der er skabt et rationelt Grundlag for hele den moderne Gødningslære og Plantekultur. —

Spørgsmaalet er nu, om Planterne ogsaa finder netop de her omtalte Stoffer ude i Naturen, og hvorledes der da, uafhængigt af Menneskets Indgriben, holdes Økonomi med dem. Naar f. Eks. Kulsyre er et saa uhyre vigtigt Nætingsstof, der bruges i forholdsvis store Mængder, medens det i vor Atmosfære forekommer i saa ringe Mængder, saa maa man uvilkaarligt spørge, hvorfra Erstatningen kommer for den Kulsyre, der bruges af Planterne.

Vi kommer herved til at berøre det overordentlig vigtige og interessante Spørgsmaal om **Næringsstoffernes Kredsløb i Naturen,** som vi senere ved flere Lejligheder vil støde paa igen, fordi det netop er et Kapitalspørgsmaal i den almindelige Biologi og maaske mere end noget andet viser os Sammenhængen og den indbyrdes Afhængighed i hele den levende Natur. Men lad os da først betragte

Kulstoffets Kredsløb. Mærkeligt nok er Atmosfærens Indhold af Kulsyre, naar undtages Jordluftens og de umiddelbart ved Jordoverfladen liggende Luftlags, næsten ens over hele Jorden. Det gennemsnitlige Indhold er 0,28—0,30 Promille, og Mængderne varierer sjældent mere end fra 0,25—0,35 Promille Kulsyre. Dette er saa lidet, at man kan beregne og med Tal udtrykke hele Lufthavets samlede Kulsyrebeholdning, der maa andrage c. 2500 Billioner Kilogram. Og dette er igen ikke mere, end at Jordens samlede Plantevækst med dens normale Forbrug vilde kunne udtømme Luftens Kulsyre fuldstændig i Løbet af mindre end 20 Aar.

Det siger da sig selv, at der stadig maa flyde Kulsyrekilder til Atmosfæren for at opretholde Ligevægten, og dette er ogsaa Tilfældet. Ad flere forskellige Veje kommer Kulsyren tilbage til Luften.

1. For det første producerer alle levende Væsener ved deres Aandedræt meget betydelige Mængder Kulsyre, et voksent Men-

neske saaledes alene c. 1 Kgr. i Døgnet, og mange Dyr — ja, endog Planter — har et forholdsvis endnu livligere Aandedræt. (Se senere.)

2. Dertil kommer, at der ved de Stofomsætninger, vi betegner som Gæring og Forraadnelse, og som hovedsagelig skyldes mikroskopiske Væseners Livsvirksomhed paa Bekostning af døde organiske Stoffer — Processer, der kan forløbe med overordentlig Intensitet i Jordskorpens øverste Lag og paa dens Overflade — frigøres meget betydelige Mængder af Kulstof i Form af Kulsyre. Denne Produktion er i høj Grad afhængig af Varme og Fugtighed og foregaar derfor livligst paa de Tider og Steder, hvor disse Faktorer er tilstede i passende Forhold.

3. En særligt i Nutiden rigt flydende Kulsyrekilde er desuden de Forbrændingsprocesser, ved hvilke kulstofholdige Stoffer som Træ, Tørv, Kul, Kokes, Gas, Sprit, Benzin, Oljer m. m. er Forbrændingsmaterialet. Med Industriens og Befordringsmidlernes rivende Udvikling har denne Kulsyreproduktion naaet en saadan Højde, at alene et enkelt Værk som de Krupp'ske Kanonfabrikker i Essen producerer aarlig en kendelig Brøkdel af Luftens hele øjeblikkelige Kulsyrebeholdning. Fra underjordiske Kullejer og Moser sættes herved det Kulstof, der blev bundet af Fortidens Planteverden i Perioder, da Luften var rigere paa Kulsyre, end den nu er, igen i Cirkulation.

4. Men allerstørst Betydning til Opretholdelsen af Kulsyreligevægten har dog sandsynligvis den Kulsyre, der til Stadighed strømmer ud fra selve Jordens Indre. Jordluftens store Kulsyreindhold, saaledes som det jo ofte paa en uhyggelig Maade giver sig til Kende i Brønde eller Grotter, er tydelige Vidnesbyrd om denne Kildes Rigdom, og gennem Vulkaner eller Sprækker i Jordskorpen giver den sig endnu tydeligere Udslag. Den dybere Aarsag til denne Kulsyreproduktion maa man søge i Spaltningen af kulsure Salte ved Varmen i Jordens Indre, idet f. Eks. kulsur Kalk og Magnesia som bekendt afgiver deres bundne Kulsyre ved en vis Temperatur (Kalkbrænding) eller ved kemiske Stofomsætninger, under hvilke andre Syrer (Kiselsyre, Humussyrer m. fl.) uddriver den.

Det kunde nu synes, som disse Kulsyrekilder var altfor rigelige til at dække Planternes Kulsyrebehov, eller at de maatte virke med en Uregelmæssighed, der kunde give Anledning til Svingninger i Luftens Kulsyreprocent. Men det maa her fremhæves, at

de grønne Planter ikke er ene om at øse af Lufthavets Kulsyrebeholdning. Store Mængder af denne beslaglægges ogsaa ved rent kemiske Processer, ved Dannelsen af kulsure Salte, og dertil kommer, at Verdenshavene virker som en mægtig Regulator ved afvekslende at optage ved simpel Absorption eller ved Dannelsen af løsere kemiske Forbindelser (tvekulsure Salte) og at afgive Kulsyre, saaledes at de maaske i første Række er Aarsagen til det mærkværdige konstante Indhold af den i Atmosfæren.

Men til en vis Grad opretholder de levende Væsener selv Kulsyreligevægten i Luften, idet den Mængde, der optages af de grønne Planter og her omdannes til organiske Stoffer, før eller senere vender tilbage til Luften igen, hvis der ikke indtræder saadanne særlige Forhold som dem, ved hvilke store Mængder af Fortidens Planter er blevne aflejrede som Kullag eller Tørv og derved for lange Tider unddragne det almindelige Kredsløb. Ti ikke alene giver Organismerne jo ved deres Aandedræt store Mængder af Kulsyren tilbage igen, men saa snart de er døde, angribes deres Legeme hurtigt af de Gærings- og Forraadnelsesorganismer, der i kort Tid kan frigøre hele Kulstofmængden i Form af Kulsyre. At dette Tidspunkt kan forhales lidt derved, at den ene Organisme æder den anden (Planter ædes af Dyr og disse igen af andre Dyr), spiller her en mindre Rolle.

De andre Næringsstoffer forefinder Planterne hovedsagelig i Jorden eller i Vandet, men ogsaa de kan foretage hver sit mærkværdige Kredsløb i Naturen.

De forskellige Metaller og Syrer, der her er Tale om, er for Størstedelen saadanne, der er almindelige Bestanddele af de i Jordskorpen forekommende Mineralier. Ved langsomt forløbende kemiske Processer (Forvitring) eller ved direkte Indgreb fra Planterøddernes Side (Udskillelse af Syrer) samt ved Mikroorganismers Medvirkning (Syredannelse ved Gæringer o. l.) bringes Mineralierne efterhaanden i opløst Tilstand, saa de kan optages af Rødderne eller rodlignende Organer,

Men ogsaa her kan der blive Tale om en Udtømning af Forraadet, ti flere af de vigtigste Plantenæringsstoffer som Kvælstof, Fosforsyre, Kali og Kalk forekommer ofte i den naturlige Jordbund i yderst ringe Mængder. Den i saa Henseende fattige Jordbund giver da ogsaa en fattig Plantevækst, og en intensiv Dyrkning af Jorden med Planter, hvis Afgrøde føres bort, kan i saa Tilfælde kun finde Sted, naar der gives Jorden Erstatning i

Form af Gødning. »Naturlig« Gødning, der bestaar i Ekskrementer og Affaldsprodukter fra Dyre- og Planteriget, giver selvsagt Næringsstofferne tilbage til Jorden igen. Det gælder nu blot om, at de bliver frigjorte af deres organiske Forbindelser og overførte i saadanne Salte, som før er nævnte. Men dette indtræder hurtigt i en bearbejdet og passende fugtig og varm Jord ved Bakteriers Livsvirksomhed. Af de »kunstige« Gødningsmidler er saadanne som Chilesalpeter (salpetersurt Natron), svovlsur Ammoniak, Kalifosfat, kulsur Kalk m. fl. ligefrem direkte anvendelige Plantenæringsstoffer.

Imidlertid fører man jo ogsaa ofte store Afgrøder bort fra Jorden uden direkte at give den noget igen, som fra Skove, Stepper, Enge, Alpegræsgange osv., der endda i Reglen ikke repræsenterer særligt rige Jordbundsformer. Hvorledes dette er muligt uden at forringe Jordbundens Ydeevne, bliver da heller ikke forstaaeligt uden ogsaa at forfølge andre Næringsstoffers Kredsløb, og som et af dem, der har en særlig Interesse, vil vi dernæst se lidt nærmere paa

Kvælstoffets Kredsløb. I store Mængder findes Kvælstof som frit Grundstof i den atmosfæriske Luft, af hvilken det udgør næsten de fire Femtedele. Men i denne Form er det uanvendeligt for de allerfleste Planter. I Jorden forekommer det ikke som normal Bestanddel af de almindelige Mineralier, men kun i visse organiske Stoffer eller saadanne uorganiske Forbindelser som Ammoniak og Salpetersyre, der kan opstaa ved Sønderdeling og Omdannelse af disse. Det er som nævnt ogsaa i Form af Salpetersyre og Ammoniak, at de grønne Planter i Almindelighed faar deres Kvælstofnæring. Men disse Forbindelser har saadanne Egenskaber, at de meget let unddrages Planterne. Ammoniaken fastholdes vel med en vis Styrke, ved saakaldet Absorption, af den frugtbare Jordbunds Bestanddele, men ved Bakteriers (Salpeterbakteriernes) Livsvirksomhed omsættes den her hurtigt til Salpetersyre, og denne tillige med de Salte, den danner, holdes ikke tilbage af Jorden, men er tværtimod yderst let opløselige, saa de kan udvaskes af Regnvandet og føres ned i Undergrunden, f. Eks. i Drænrør, og fra disse eller fra Kilder o. l. igen føres med Vandløbene ud i Havet. Dertil kommer, at en Del Salpetersyre ved særlige (denitrificerende) Bakteriers Indvirkning kan spaltes i frit Kvælstof, der gaar bort til Luften og saaledes ogsaa gaar til Spilde for de almindelige Planter.

Med disse Fakta for Øje har man ikke forstaaet, hvorledes Kvælstofligevægten kunde opretholdes paa ugødede Jorder, før man for nogle faa Aar siden opdagede, at der i Jorden og i organiske Stoffer paa dens Overflade findes smaa Organismer, Bakterier og Svampe, der er i Stand til at udnytte Luftens frie Kvælstof og saaledes inddrage dette i Kredsløbet. Disse Organismer danner af det frie Kvælstof organiske Forbindelser, Æggehvidestoffer, og naar disse ved Organismens Død hjemfalder til Forraadnelse, bliver Kvælstoffet i Form af Ammoniak og Salpetersyre igen tilgængeligt for de grønne Planter. — Hvorledes den saakaldte Kvælstofassimilation foregaar, vil vi senere vende tilbage til under Omtalen af Ernæringsvirksomheden.

Ogsaa Svovlet har et Kredsløb, der i meget minder om Kulstoffets og Kvælstoffets. Det kan nemlig ligesom disse optræde i luftformig Tilstand, som Svovlbrinte, der opstaar ved Forraadnelse af Æggehvidestoffer, og herfra igen ved Iltninger enten ad rent kemisk eller ad biologisk Vej (ved Svovlbakterier) føres tilbage til faste Forbindelser, svovlsure Salte. —

Det, der gør et saadant Kredsløb, som de fleste Næringsstoffer foretager, nødvendigt for Livets Opretholdelse, er, at de fleste og vigtigste af disse forekommer i relativt smaa Mængder paa vor Klode, og der derfor maa føres en pinlig Økonomi med dem fra Naturens Side. Hvad der overhovedet findes af dem, er saaledes i flere Tilfælde stadig paa Vandring fra den livløse Natur ind i den levende og tilbage igen til den livløse, og derved bliver de i første Række Bindeleddet mellem disse to Grupper af Materien.

Imidlertid gaar det ikke saadan, at Stofferne direkte vandrer tilbage fra de grønne Planter, efter disses Død, til den livløse Natur. De maa først have passeret andre Organismer, for hvilke de har tjent som Føde, og flere af disse Væsener bliver da igen en Livsbetingelse for de grønne Planter, fordi de alene — naar undtages Kulsyreproduktionen ved Aandedrættet — er i Stand til at føre de organiske Stoffer tilbage til uorganiske Forbindelser, og kun saadanne kan tjene som Næringsstoffer for grønne Planter. Disse kan nemlig ikke direkte leve af hinanden, men deres Næring maa bestaa i, hvad man kort kunde udtrykke ved Luft, Vand og Jord, og dette bliver de først til ved de andre, de heterotrofe, Organismers Livsvirksomhed.

Før vi gaar over til at omtale, hvilke Stofgrupper der kan tjene som Næringsmidler for disse sidste, maa vi imidlertid et Øjeblik

dvæle ved nogle andre før nævnte autotrofe Væsener, som vi kender, foruden de grønne Planter, nemlig de saakaldte Salpeterbakterier.[1]) Om disse end maaske ikke kan betragtes som absolut uundværlige for Livets Opretholdelse paa Jorden, saadan som de grønne Planter afgjort er det, saa spiller de dog en overmaade vigtig praktisk Rolle, og vi har desuden maaske Lov til i dem at se nogle af de første Væsener, der kan tænkes at være opstaaede paa vor Klode.

Det er endnu ikke 20 Aar, siden disse Smaavæsener blev opdagede af den bekendte russiske Bakteriolog Winogradsky (1889—91). De er ogsaa meget smaa, saa de endog ved 1000 Ganges Forstørrelse er vanskelige at erkende under Mikroskopet. Ved deres ejendommelige Forhold til Næringsmidler og paa Grund af deres langsomme Vækst har de været meget vanskelige at bringe under Kultur. Imidlertid forekommer de almindelig udbredte i al frugtbar Jord, idet de er fundne paa de forskelligste Steder af Jorden, hvor man har søgt efter dem. Deres Betydning her er, at de omdanner den ved Forraadnelse af Æggehvidestoffer dannede Ammoniak til Salpetersyre, der, som nævnt, er et ganske særlig gunstigt Kvælstofnæringsmiddel for de højere Planter.

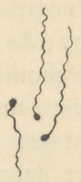


Fig. 71. Salpeterdannende Bakterie (*Nitrosomonas javanensis* Winogradsky), 1000 Gange forstørret.

Det i denne Forbindelse mærkværdigste ved disse Bakterier er, at de, uden at være i Besiddelse af Bladgrønt og uden at behøve Sollysets Hjælp, er i Stand til at skaffe sig deres kulstofholdige Næring fra luftformig Kulsyre og af denne og Vand at danne organisk Stof paa samme Maade som de grønne Planter. Men medens disse benytter Sollyset som Energikilde ved denne Proces (se senere), benytter Salpeterbakterierne den kemiske Energi, der frigøres ved deres egen Livsvirksomhed under Iltningen af Ammoniak til Salpetersyre, og de er da ligesom de grønne Planter i Stand til udelukkende at ernære sig af uorganiske Stoffer.

---

[1]) For nylig er der opdaget flere andre Bakterier, der er autotrofe, f. Eks. en, der kan ilte Kultbrinten Methan (CH_4), og en anden, der kan ilte Kulilte (CO), til Kulsyre. Begge skal kunne leve udelukkende af uorganisk Næring uden Lysets Hjælp.

Muligvis findes der andre Organismer, der besidder samme Evne, men foreløbig kender vi med Sikkerhed kun de her nævnte.

Hvad nu **de heterotrofe Organismers** (de ikke grønne Planters og alle Dyrs) Næringsstoffer angaar, saa kan vi kort og godt sige, at de maa bestaa i organiske Stoffer, der hører til Æggehvidestoffernes, Kulhydraternes eller Fedtstoffernes Gruppe eller er opstaaede ved Omdannelser af disse, foruden i Vand og nogle uorganiske Salte, der i Reglen forekommer indblandede i de organiske Stoffer, men dog undertiden fordres i saa store Mængder (f. Eks. Kogsalt), at de maa optages særskilt. Og alle de nævnte Stoffer er netop saadanne, der dannes eller findes i de grønne Planter. Disse danner af det uorganiske Materiale en Mangfoldighed af organiske Stoffer, men altid de ovennævnte 3 store Stofgrupper.

Tager vi som Type for de heterotrofe Organismer Mennesket, skal vi i Korthed undersøge, hvad dette behøver som Næring til Legemets normale Underhold og til dets Udvikling i de unge Aar. Og for saa vidt er Mennesket netop særlig tjenligt til Eksempel, som det hører til de saakaldte Altædere, der kan leve baade af animalsk Kost og af Planteføde, og som det faktisk omkring paa Jorden under meget vekslende, ofte meget ugunstige, Livsforhold er bleven tvunget til at spise alt, hvad der i det hele taget kan tjene som Næring for det.

Et Fingerpeg fra Naturens Side angaaende de for vor Organisme nødvendige Næringsstoffer har vi i Modermælkens Sammensætning. Ved Hjælp af denne kan Mennesket jo ernæres fuldstændigt i det første Leveaar og endda lidt længere. Som anden Mælk varierer Kvindemælkens Indhold af forskellige Stoffer ret betydeligt efter Individerne og deres Levevis, efter det Tidspunkt i Mælkegivningsperioden eller Døgnet, da Prøven tages, osv., men følgende Tal, der er fundne af den danske Apoteker Gottlieb ved Analyse af 104 Prøver Kvindemælk, vil dog give et Begreb om den almindelige Sammensætning. Der fandtes af

	Vand	Æggehvidestoffer	Fedtstof	Mælkesukker	Salte
Som Minimum	83,36 %	0,78 %	1,29 %	6,69 %	0,17 %
— Maximum	90,06 —	1,60 —	7,84 —	7,95 —	0,31 —
Middeltal	87,92 —	1,28 —	3,43 —	7,12 —	0,25 —

Saltene bestaar af Kali-, Natron-, Kalk-, Magnesia-, Jærn-, Fosforsyre- og Klorforbindelser, og desuden kan der i Mælken findes ganske ringe Mængder af forskellige mindre vigtige organiske Stoffer.

De forskellige Pattedyrarters Mælk, der jo bl. a. ogsaa kan tjene til Føde for Mennesker, har en lignende Sammensætning, idet den indeholder i Hovedsagen de samme Stoffer i noget vekslende Mængder og indbyrdes Forhold.

Hvad nu først de rent uorganiske Bestanddele, Saltene, angaar, saa vil man se, at de i det væsentligste er de samme, som var nødvendige for de grønne Planter og for alt levende overhovedet, og skønt de kun bruges i forholdsvis ringe Mængder, er de dog alle lige uundværlige. Kalkmangel giver f. Eks. engelsk Syge, fordi Knoglevævene da ikke udvikles tilstrækkeligt, Jærnmangel giver Blegsot og Mangelen af de andre Stoffer overordentlig alvorlige Stofskifteforstyrrelser

Men hvad der spiller en særlig fremtrædende Rolle, er de 3 organiske Stofgrupper: Æggehvidestoffer, Fedtstoffer og Kulhydrater (Mælkesukker), der skal forsyne Legemet med al dets kulstof- og kvælstofholdige Næring.

Senere tyer Mennesket jo til andre Næringsmidler end Mælken, dels hentede fra Planteriget, dels fra Dyreriget. Nogle Folkeslag — ogsaa af Naturfolkene, der ikke har givet sig til at filosofere over Fødens rationelle Sammensætning — er udelukkende Kødædere (Polarbeboere, Nomade-, Jæger- og Fiskerfolk baade i kolde og varme Egne af Jorden), andre er udelukkende Planteædere (visse Neger- og Indianerstammer og moderne Vegetarianere), men de fleste er dog Altædere og benytter Kost baade fra Dyre- og Planteriget. Kosten i Storbyernes Hoteller, Restauranter og rige Privathjem er vel i det ydre meget forskellig fra den fattige Arbejders eller Sansculottens tilfældige Føde, der snart bestaar i tørt Brød, til Nød med lidt Fedt eller Margarine paa, et Stykke Spæk eller Hestekød ved højtidelige Lejligheder, snart i, hvad Lazzaronen kan finde af spiseligt i Affaldsdynger eller i Dyr, der som Muslinger, Snegle, Orme og Søpindsvin skyller op paa Stranden, med en Smule Frugt eller Olje som Krydderi, men alle disse mere eller mindre appetitlige Sager, som den menneskelige Fordøjelseskanal overhovedet vil modtage, de viser sig netop at indeholde de 3 organiske Næringsstofgrupper i vekslende Mængder. Et tilsyneladende saa ensartet Fødemiddel som Brød indeholder vel hovedsageligt Kulhydrater i Form af Stivelse og lidt Sukker, men des-

uden betydelige Mængder af Æggehvidestoffer samt lidt Fedtstof, selv hvor det ikke bliver »smurt« dermed. Og i det hele taget indeholder Planteføde af en passende Blanding rigeligt af alle disse Stofgrupper, medens de animalske Fødemidler altid er meget fattige paa og ofte helt mangler et Indhold af Kulhydrater. Nu er det heldigvis saa, at Kulhydrater og Fedtstoffer, paa hvilke sidste Dyrenes Legemer jo saa ofte til Gengæld er rige, kan erstatte hinanden, fordi de indeholdet de samme Grundstoffer, Kulstof, Ilt og Brint. Men Kvælstoffet kan Mennesket og sandsynligvis de fleste Dyr kun faa i tilstrækkelig Mængde og passende Form gennem Æggehvidestoffer, hvorfor disse ikke i Lægden kan undværes paa nogen Spiseseddel[1]). (I hvor stor Mængde de forskellige Næringsstoffer bruges, hvorledes de bearbejdes under Fordøjelsen, optages i Legemet og omdannes her, vil senere igen blive Genstand for Omtale i Afsnittet om Stofskiftet og Energiproduktionen i Legemet.)

Med Hensyn til den kvælstofholdige Næring synes nogle af de heterotrofe Planter (Svampe og Bakterier) at forholde sig noget anderledes end Dyrene. De kan nemlig undertiden nøjes med lavere Kvælstofforbindelser end Æggehvidestoffer (som Amidstoffer o. l.) eller endog benytte Kvælstof i rent uorganiske Forbindelser (som Ammoniaksalte)[1]). Men til Gengæld er andre af disse Planter i højeste Grad kræsne og fordringsfulde i saa Henseende. Flere Snyltesvampe og sygdomsvækkende Bakterier forlanger de allermest komplicerede Æggehvidestoffer, og undertiden endogsaa i levende Tilstand, saaledes som de forefindes i deres Værtorganismer.

En Del højere Blomsterplanter, som Skælrod (*Lathræa*), Snylterod (*Monotropa*), Koralrod (*Corallorhiza*), Silke (*Cuscuta*) m. fl. har i Tidens Løb mistet deres Bladgrønt og indrettet sig paa at leve som heterotrofe Organismer, enten som Snyltere (Parasiter) paa andre Planter, eller som Raadplanter (Saprofyter) af døde, henraadnende organiske Stoffer. Og saaledes er det med alle Svampe og de allerfleste Bakterier, der her maa søge deres Kulstofnæring. Nogen skarp Grænse mellem Snyltere og Raadplanter er der forøvrigt ikke, idet nogle kan leve snart af levende, snart af dødt

---

[1]) I de senere Aar er det konstateret (af Henriques & Hansen m. fl.), at ogsaa nogle Dyr kan bruge lavere Kvælstofforbindelser (Amidkvælstof) til Erstatning for en Del Æggehvidestof.

Stof, som de forefinder det. Hovedsagen er, at det virkelig er organisk Stof, som er til Disposition, og alle disse Væsener forekommer derfor ogsaa rigeligst, hvor der finder Ophobning af organiske Stoffer Sted (Svampe i Skovbunden, Bakterier i Møddinger og Affaldsdynger, i Lig osv.).

I Kraft af denne Overensstemmelse i Næringsbehovet, der findes mellem de højeste og de laveste Skabninger, er det netop, at vore Fødemidler saa let bliver fordærvede, hvilket ikke betyder andet, end at de bliver angrebne af Svampe, Bakterier og Smaadyr, der ogsaa kan bruge dem som Næring. Og disse smaa Væsener er paa Færde allevegne, i Jorden, i Vandet og i Luften, saa de indfinder sig, hvor der overhovedet er noget spiseligt, og hvor der levnes dem noget af andres Maaltid. De sørger da ogsaa ved deres ejendommelige Livsvirksomhed for, at der ikke rundt omkring i Naturen ophobes organiske Stoffer, idet de ved en Slags Fordøjelsesakt sønderdeler disse saa vidt, at de enkelte Grundstoffer igen overgaar i uorganiske Forbindelser, der er anvendelige som Næringsstoffer for de grønne Planter. De slutter paa denne Maade Kulstoffets og Kvælstoffets Kredsløb.

Som et fælles Træk i alle levende Væseners Ernæring bør endnu noteres, at intet Stof kan tjene som Næringsstof, uden at det først forefindes eller kan bringes i luftformig eller opløst Tilstand, ti dette er Betingelsen for, at det kan optages i den levende Celle.

Her som i flere andre Henseender er det da, at **Vandet** kommer til at spille en ganske særlig vigtig Rolle for alle levende Væsener.

Vi hørte, i hvor uhyre svage Koncentrationer Næringssaltene maa bydes de højere Planter for at kunne optages af deres Rødder. Andre Organismer kan vel undertiden optage Næringsstoffer af langt stærkere Koncentrationer, men der maa dog altid være betydelige Mængder af Vand tilstede, der er det almindelige Opløsningsmiddel for alle Næringsstoffer.

Men Vandet er som saadant ogsaa et overordentligt vigtigt direkte Næringsmiddel, bl. a. jo nødvendigt for Dannelsen af organisk Stof under Kulsyreassimilationen.

Dertil kommer, at for al Livsvirksomhed er Tilstedeværelsen af betydelige Mængder Vand i Cellen en absolut Nødvendighed. Celleslimen, Protoplasmaet, skal være

i en temmelig tyndtflydende Tilstand, fremkaldt ved et rigt Vandindhold (ofte 80—90 % eller mere), for at fungere. Kommer Vandindholdet under en vis Grænse, standser Livsvirksomheden, eller Cellen dør (mange Blade taaler jo slet ikke at visne, og de fleste dyriske Væv er overordentlig følsomme overfor Udtørring), men i denne Henseende viser dog de forskellige Organismer ret store Forskelligheder (se senere).

Og alle i Luften levende Organismer har desuden deres særlige Vand-Stofskifte, Transpirationen, ved hvilken der forbruges ofte meget store Vandmængder, der afgives i dampformig Tilstand eller som Sved o. l. Hvilken overordentlig Betydning denne Livsvirksomhed har, vil ogsaa senere blive behandlet.

Men det kan i al Almindelighed slaaes fast, at af intet Stof bruger og fordrer de levende Væsener saa meget som af Vand. Vi skal derfor ogsaa senere se, hvorledes Organismernes Udbredelse staar i Forhold til Fugtigheden og Nedbøren paa forskellige Steder af Jorden.

En ganske særlig Rolle spiller ogsaa **den frie Ilt**, hvad enten man nu vil betragte denne som Næringsstof eller ej. I bunden Tilstand optages Ilt med de allerfleste Næringsstoffer, bl. a. i store Mængder med Vandet, og en meget stor Del af den levende Organisme bestaar af dette Stof, som der findes saa uhyre Kvantiteter af i den livløse Natur.

Men det er særlig ved den umaadelig vigtige Aandedrætsproces, at den frie Ilt kommer i Betragtning, og det er her ikke i alle Tilfælde fuldt opklaret, hvorvidt den tjener til blot at fremkalde en simpel Forbrændingsproces, eller om den indgaar som Bestanddel af Cellen for at erstatte Tabet af iltrige Forbindelser (Kulsyre og Vand), der afgives under Aandedrætsvirksomheden. Ofte er det sidste Tilfældet, og maaske er det altid saa, og Ilten maatte da være at betragte som et Næringsstof, for hvis Optagelse der ganske vist kan være sørget ved dertil særligt uddannede Organer (Aandedrætsorganerne) og særlige Stoffer (Chromogener og Enzymer), der er i Stand til hurtigt og løst at binde større Mængder Ilt og overføre den paa andre Vævsbestanddele.

Direkte eller indirekte tjener Ilten ved Aandedrættet som Kilde til den Energi, der er nødvendig for i ethvert givet Øjeblik at drive Livsmaskineriet, og en ganske kort Unddragen af Ilttilførsel kan derfor ofte ikke blot standse Livsvirksomheden, men endogsaa

pludselig medføre Livets Ophør. Hvorvidt Ilten kan undværes i kortere eller længere Tid, beror paa, om Organismen har Adgang til andre Energikilder — ti Energi kan aldrig undværes — eller om der f. Eks. ved det forandrede Stofskifte indtræder Forgiftningsfænomener, der bliver skæbnesvangre for vigtige Bestanddele af Legemet. Det sidste er Tilfældet for de fleste varmblodige Dyrs Vedkommende, hos hvilke der indtræder Kvælning efter nogle Minutters Forløb, hvis det normale Aandedræt standser, da antageligt Nervevævet er saa overordentlig følsomt for de giftige Stofskifteprodukter, der ophobes under saadanne Forhold. Koldblodige Dyr og Planter kan derimod ofte taale længere Tids Ophold i iltfri Luft og endogsaa i en saadan fortsætte flere af de almindelige Livsfunktioner, fordi det normale Aandedræt da erstattes af et saakaldet intramolekulært Aandedræt, under hvilket der produceres Energi — samt Kulsyre og Alkohol — ved Spaltning (en Slags Gæringsproces) af Legemsbestanddelene (se herom under »Aandedræt«). Og nogle Organismer kan endelig til Stadighed helt undvære, ja, kan end ikke taale fri Ilt, de saakaldte Anaërobionter (se nedenfor).

Landorganismerne faar deres frie Ilt fra Atmosfæren, der normalt heraf indeholder c. 21 %, men de kan ogsaa benytte en baade iltfattigere og iltrigere Luft (Mennesket saaledes fra 14 til 100 %). Ilten optages fra Atmosfæren enten gennem særlige Andedrætsorganer (Lunger, Tracheer) eller direkte af de almindelige Celler (Hudaanding, Planternes Aandedræt). Vandorganismerne udskiller og optager den i Vandet opløste, absorberede, Ilt og undertiden ogsaa gennem særlige Apparater, som Gæller. I den tynde Luft paa høje Bjærge eller ved Opstigning i Luftballoner kan Iltmængden let blive for ringe til Landorganismernes Aandedræt, og det samme er Tilfældet for Vandorganismernes, hvis Vandet opvarmes (hvorved dets Absorptionsevne overfor Luftarter formindskes), naar det afspærres fra Berøring med Luften ved Oljelag' o. l., eller naar det f. Eks. helt fylder Jordens Porer (noget, der kan blive skæbnesvangert for Planterøddernes Aandedræt), eller hvis stærkt iltforbrugende Organismer i de øverste Vandlag hindrer Ilten i at trænge i Dybden; derfor er det vigtigt at have rindende Vand i Beholdere, hvor man har levende Fisk eller at hindre for stærk Opvarmning af Næringsopløsningen i de før omtalte Vandkulturer; derfor dræner man fugtige Steder paa Markerne og søger ved mekanisk Bearbejdning at gøre Jor-

den porøs, saa Luften kan faa Adgang til de dybere Lag, hvor Planterødder og talrige Smaaorganismer skal trives.

Men som nævnt eksisterer der ogsaa levende Væsener, der helt kan undvære fri Ilt, Anaërobionterne, i Modsætning til hvilke de Organismer, der nødvendigvis fordrer fri Ilt, kaldes Aërobionter. Nogle, de lejlighedsvise (fakultative) Anaërobionter, hvortil hører Alkoholgærsvampen og mange Bakterier, bl. a. de fleste sygdomsvækkende, er saaledes indrettede, at de baade kan undvære og benytte fri Ilt, eftersom den unddrages dem eller ej. Dette er for disse Væsener et overordentlig vigtigt Vaaben i Kampen for Tilværelsen, og de bliver derved i Stand til at opretholde Livet under meget forskelligartede ydre Forhold. Men for en anden Gruppe, de absolute (obligate) Anaërobionter, hvortil flere vigtige Bakterier hører, er den frie Ilt ligefrem en Gift, som, hvis den ikke dræber dem, dog helt lammer deres Livsvirksomhed.

Disse permanente Anaërobionter har da lagt deres Liv an paa helt at undvære den Energikilde, som det normale Aandedræt er, og de skaffer sig Erstatning herfor i omfattende kemiske Spaltningsprocesser, Gæringer, der sandsynligvis er af samme Natur som dem, der indtræder i de aërobe Væseners Liv, naar disse ved Fraværelsen af fri Ilt tyer til det intramolekulære Aandedræt. I begge Tilfælde har man f. Eks. ofte kunnet paavise en typisk alkoholisk Gæring, d. v. s. Spaltning af Sukker til Alkohol og Kulsyre, under hvilken store Mængder af Energi bliver fri i Form af Varme.

Forøvrigt er der ikke nogen skarp Grænse mellem Aërobionter og Anaërobionter. Organismernes Liv synes at være indstillet paa forskellig Iltspænding lige fra o til ren Iltatmosfære, men med et vist Spillerum mellem de Yderpunkter, indenfor hvilke de er i Stand til at føre deres Liv. Nogle Bakterier (Svovlbakterier) lever saaledes f. Eks. altid i en vis ringe Afstand fra Overfladen af Vand, hvor der ikke er fuld, men kun en meget svag Iltspænding; helt undvære Ilten kan disse Bakterier nemlig ikke.

Næringsstoffernes Mængde. Overflod og Næringsmangel.

Af Næringsstoffer som af andre nødvendige Livsgoder kan det hænde, at Organismerne enten faar for meget eller for lidt — i de langt overvejende Antal Tilfælde navnlig det sidste.

Da Næringen skal optages ved en aktiv Indgriben fra Organismens Side, har denne det til en vis Grad i sin Magt at sige Nej til for meget. Men hvad enten Modstanden mod Fristelserne i saa Henseende ikke altid er tilstrækkelig stor, eller Organismen faktisk værger sig imod Optagelse af overflødig Næring, kan en overvældende Rigdom herpaa dog i flere Tilfælde blive skæbnesvanger baade paa den ene og den anden Maade.

Der er allerede nævnet Eksempler paa, hvorledes en for stor Koncentration af Næringssalte gør det umuligt for de grønne Planter at optage disse. Mange Landmænd har gjort den sørgelige Erfaring, at for rigelig Gødning med Chilesalpeter eller andre let opløselige Gødningssalte kan faa ganske den modsatte Virkning af den tilsigtede, hvis der ikke er tilstrækkeligt Vand i Jorden til at fremkalde en passende Fortynding af dem. Planterne gaar da ligefrem til Grunde. For Gærsvampen, hvis Hovednæringsmiddel er Sukker, vil en for stærk Koncentration heraf (paa 20 %—30 % eller derover) ogsaa ganske standse denne lille Plantes Livsvirksomhed, og mange lignende Eksempler kunde nævnes. Dog er den skadelige Virkning i disse Tilfælde ikke nogen Følge af, at Organismerne forspiser sig; det er tværtimod oftest saaledes, at de kommer til at sulte, fordi de ikke kan optage Næringen i saa kraftige Doser. Og mange andre skadelige indirekte Følger kan dette Forhol medføre. Det er med mange Stoffer saadan, at medens de i svage Styrker kan være Næringsmidler, kan de i større Mængder blive Gifte. Dette er bl. a. ogsaa Tilfældet med den saa livligt diskuterede Alkohol. Det maa nemlig nu betragtes som bevist, at dette Stof virkelig i Organismen (ogsaa den menneskelige) kan udnyttes som Næringsstof og forbrænde paa samme Maade som Kulhydrater og Fedtstoffer, men det har den uheldige Egenskab i en vis Koncentration tillige at være en farlig Gift, der let kommer til at gøre mere Skade end Gavn.

Det er jo endvidere ogsaa en bekendt Sag, at f. Eks. den menneskelige Organisme kun altfor ofte af en overflødig kraftig Kost, der indtages i Fordøjelseskanalen, optager meget mere, end den har Brug for, og at der heraf følger dels en Overanstrængelse og Svækkelse af Fordøjelsesorganerne, dels en Overernæring (med unaturlig Fedme o. l.), dels et abnormt Stofskifte og endelig mange farlige Forgiftningstilfælde, der virker paa Nyrer, Nerver, osv.

Overernærede Dyr og Planter kan saaledes i Virkeligheden blive sygelige Individer, i hvilke Livsmaskineriet ikke fungerer normalt. De bliver ikke, som man kunde tænke sig, de stærkeste Individer. Og de enkelte Næringsstoffer i Overflod kan udøve hver sin Virkning. Det er f. Eks. en kendt Sag, at en for rigelig Kvælstofgødning fremkalder en usædvanlig kraftig Udvikling af Blade og Stængler (det vegetative Apparat) hos Planter, undertiden med helt andre Forgreningsmaader end de normale, men samtidig undertrykkes Forplantningsvirksomheden, saa Blomster og Frugter kun mangelfuldt eller slet ikke udvikles. Og noget lignende kender man fra Dyreriget.

Men det gaar ude i Naturen som i Menneskelivet, at det er forholdsvis meget faa Væsener, der faar for meget af Livsgoderne, og desværre kun altfor mange, der har for lidt. Det har derfor ogsaa en ulige større Interesse at undersøge, hvorledes Næringsmangel (og Vand-) indvirker paa Organismen.

Det er jo, som vi senere skal komme nærmere ind paa, saaledes, at Organismen til enhver Tid under Livsvirksomheden bruger Stof, og ved Aandedræt, Fordampning, Urinudskilning o. l. lider store Tab deraf; der maa aldrig være helt slukket under Dampkedlen, men der kan naturligvis arbejdes med forskellig Kraft. Det Stof, der tabes, skal da erstattes igen — ved Næringsoptagelse.

Men medens Stoftabet altid finder Sted, saa bliver Næringsoptagelsen ofte afbrudt af Perioder, i hvilke den ganske simpelt er umulig. Da Planterne fordrer Lys for at optage og bearbejde Kulsyre, er denne Virksomhed standset om Natten, og da det i Regien er ved de grønne Blades Hjælp, den foregaar, er den helt afbrudt i de Perioder (Vinter og Tørtider), da mange Planter har afkastet deres Blade. I visse Perioder optager mange Dyr ingen eller utilstrækkelig Næring, som Insekter i Puppetilstanden, Aalelarver under deres Vandring fra Oceanerne ind mod Kysterne, Hjortehanner i Brunsttiden, vintersovende Pattedyr, mens de sover osv., men ikke desto mindre bruges der dog stadig Stof af Dyrenes Legemer (se S. 107). I det daglige Liv synes Næringsoptagelsen hos Mennesket og de højere Dyr ogsaa at være afbrudt af Perioder, i hvilke der arbejdes, soves osv. Men her maa det erindres, at Indtagelse af Føde i Fordøjelseskanalen, i Mavesækken, ikke er det samme som Optagelse af Næring i Legemets Væv. Fra det Næringsdepot, den fyldte Fordøjelseskanal repræsenterer, optages

netop Næringen i Mellemrummene mellem Maaltiderne, og Næringsoptagelsen kan da godt være uafbrudt, hvis disse Mellemrum ikke bliver for lange.

Hvordan gaar det nu imidlertid, naar Organismen ikke udefra faar Dækning for det Stof, der tabes?

Ja, vi vil her overalt ude i Naturen genfinde et Træk, som man maaske ellers kunde mene skulde være et karakteristisk Tegn paa Menneskets Snille og Omtanke fremfor andre Skabningers: at der i gode Tider samles til Huse for at have noget at tære paa i de daarlige. Selv den tavse, umælende Plante, som man vel ikke endnu tør tillægge Bevidsthed eller Omtanke, er forsynlig i saa Henseende. I Sommertiden optager f. Eks. Træerne langt mere Næring, end de i Øjeblikket behøver til at underholde Aandedræt, til at danne nye Organer, vokse i Tykkelse, sætte Frugt osv., og denne Overflod opmagasinerer de i Stammens og Røddernes Bark, Ved og Marv i saa koncentreret en Tilstand som muligt, som Fedt, Stivelse, Æggehvidestof o. l., De har da noget at tære paa i Vintertiden og noget at danne Skud, Blade og Blomster af under Løvspringet, før de har genoptaget næste Sommers Ernæringsvirksomhed. Mange toaarige Planter, som Gulerod, Pastinak og Cikorie, anvender den ene Sommer, hvori de lever, til at samle saa megen Oplagsnæring som muligt, og denne anbringes i en tyk, lang, ogsaa for Mennesker og Dyr næringsrig Rod, hvorfor disse Planter, naar de dyrkes, i Reglen kun faar Lov at leve den ene Sommer. Udstrækkes deres Liv til næste Vækstperiode, vil vi se, at i denne bekymrer Planten sig ikke meget for at samle ny Næring ind, men den udtømmer nu sin Rod for derfra at danne Blomster og Frø, og naar dette er besørget, dør den. Mangfoldige andre Planter samler ligeledes Forraad til Huse: Kartoflen i sine underjordiske Stængelknolde, Vorterod-Ranunkel, Georginen og en Mængde Gøgeurter i deres Ammerødder, der skal tjene som Formeringsorganer, Følfod og Nælde i deres underjordiske Rodstok osv. Og alle Planter sørger, ligesom Dyrene, smukt for deres Afkom ved i deres Frø at give den lille der slumrende Kim en større eller mindre Mængde af Forraadsstof, som den kan tære paa i de første Stadier af dens Udvikling fra Spiringen af, saa længe den endnu ikke har faaet udviklet sine Ernæringsorganer, Blade og Rødder, tilstrækkeligt til at kunne klare sig paa egen Haand. Vi træffer her ganske samme Fænomener, som f. Eks. Hønseægget frembyder, i hvilket Kyllingen under

Rugningen tærer paa den Næring, Moderen har medgivet den i Æggets Hvide og Blomme.

Og ligesom Planterne samler Dyrene ogsaa Oplagsnæring for Individernes egen Skyld. Den meste Fedtaflejring er at betragte som en saadan. Før Bjørnen og Murmeldyret lægger sig til at sove deres Vintersøvn, under hvilken de stadig aander svagt, har de i deres Legeme opsamlet en god Portion Fedt, der for største Delen er forsvunden, naar de igen vaagner op af Søvnen. Et fedt Dyr taaler at sulte længere end et magert, men det er forøvrigt ikke alene Fedtet, der tæres paa i Hungerperioder. Ogsaa andre Vævsbestanddele, som de forskellige Slags Æggehvidestoffer, gaar det ud over, og navnlig efter at Fedtet er opbrugt.

I Virkeligheden er det saa, at der i enhver normalt ernæret levende Celle altid findes noget overflødigt Stof, der i kortere eller længere Tid gør Cellens Liv uafhængigt af Næringsoptagelse udefra, og derfor kan vigtige Livsfunktioner, som f. Eks. Plantecellens Vækst, undertiden foregaa meget livligt i Perioder, hvor der ikke optages anden Næring end Vand (se herom senere under Vækst).

En fortsat Hunger vil jo imidlertid efter kortere eller længere Tid altid ende med Døden, men i saa Henseende er de forskellige Organismers Modstandskraft meget forskellig. Der er af Fysiologer anstillet en Mængde Sulteforsøg, fordi der ved dem kan vindes overmaade vigtige Oplysninger om Legemets almindelige Stofskifte. Og Resultaterne heraf har ogsaa ofte været meget interessante.

Organismen søger i Almindelighed at opretholde Livet saa længe som muligt. Den indskrænker sig, bruger saa lidt som muligt af Stof og værner om det, der er særlig følsomt, men som den daarligst kan undvære — ganske som et Menneske vilde gøre, der ser sine Midler slippe op, men søger at trække Tiden ud, for om der ikke skulde vise sig en Udvej til Forbedring af Situationen.

Det skal dog straks bemærkes, at ved almindelige Sulteforsøg maa det forudsættes, at Organismen faar eller beholder den nødvendige Mængde Vand, der som før nævnt spiller en saa uhyre vigtig Rolle for al Livsvirksomhed, ikke alene som Næringsstof, men for Legemets hele Tilstand. I hvilken Grad de levende Væsener kan taale Vandmangel, skal vi straks komme tilbage til.

Dyrker vi f. Eks. en Plante i destilleret Vand, vil vi se, at den ofte ret længe kan opretholde Livet her, og at den bl. a.

vokser, selv om den ikke forøger sin Vægt. (Da Kulsyreassimilation jo meget let kan finde Sted under saadanne Forhold, hvis Planten staar i almindelig atmosfærisk Luft, er en Vægtforøgelse forøvrigt slet ikke udelukket). Men man vil snart se, at for hvert nyt Blad, den sætter, mister den gerne et af dem, den havde i Forvejen, og undersøger vi saadanne Blade nærmere, vil vi kunne paavise, at mange Næringsstoffer trækkes ud af de gamle Blade for at tjene til Dannelsen af de nye. Til sidst bliver Planten dog syg og dør.

Følgende Forsøg, der af CHOSSAT blev anstillet med Duer, er ogsaa meget lærerigt. Der toges 2 Duer af samme Hold Æg og af samme Køn, i ydre Henseende hinanden saa lige som muligt. Den ene blev slagtet straks, og Mængden af dens forskellige Vævsbestanddele blev bestemt. Den anden døde af Sult, og man gjorde samme Bestemmelser i den. Det viste sig da, at Sulten var gaaet meget forskelligt ud over de forskellige Væv, idet Tabet havde været af

Fedtvævet	93 %
Milt, Bugspytkirtel og Lever	62—71 %
Musklerne	34—45 %
Hud, Nyrer og Lunger	22—33 %
Knoglerne	17 %
Nervesystemet	2 %

For Pattedyrs Vedkommende har man fundet lignende Tal, idet Tabet her var af

Fedtvæv	93—97 %
Kirtler og Muskler	40—50 %
Knoglerne	10—14 %
Hjærne og Rygmarv	2— 3 %

Hvad der her er sket, er i Virkeligheden dette, at nogle Vævssystemer har levet paa de andres Bekostning, paa samme Maade som hos Planten de nye Blade dannes paa Bekostning af de gamle. Og det, der bedst kan undværes, gaar det mest ud over. I alle Vævene sker der betydeligt Stofforbrug, men dette dækkes saa længe som muligt ved Omflytning til de Væv, der, som Nervesystemet, skal vedligeholde og dirigere hele Livsvirksomheden, og som derfor ikke taaler selv at svækkes i nogen nævneværdig Grad. Naar dette begynder at indtræde, følger Døden hurtigt efter.

Forsøg med Infusionsdyr, hvis Tilstand man direkte kan forfølge under Mikroskopet, har ogsaa givet interessante Resultater. Hosstaaende Fig. 71 viser, hvorledes et saadant lille encellet Væsen, *Colpidium colpoda,* ser ud i normal, vel ernæret Tilstand, og efter at det har sultet i nogen Tid. Selve Dyret bliver da meget mindre end normalt, de mange forskellige Korn, der er ophobede i Plasmaet, og som kan repræsentere en vis Reservenæring, forsvinder, Protoplasmaet bliver gennemsigtigt og svinder ogsaa, dernæst forsvinder Fimrehaarene og tilsidst Cellekærnerne, men før disse er for meget angrebne, kan Dyret endnu reddes ved Tilførsel af Næring. Finder dette ikke Sted, falder Cellen hen i Korn og dør.

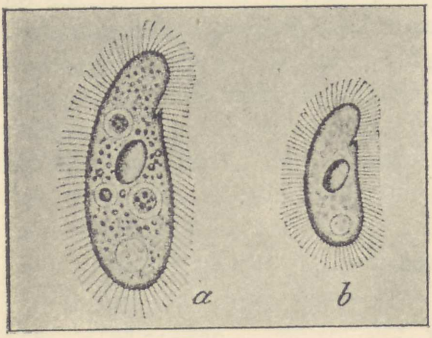


Fig. 72. Et Infusionsdyr (*Colpidium colpoda*), *a* i normal, *b* i udsultet Tilstand, hvor ikke blot Dyrets Størrelse er betydelig formindsket, men ogsaa Kornene i dets Protoplasma er forsvundne.

Franskmanden Chossat, der har anstillet Sulteforsøg med mange forskellige Dyr, mener i Almindelighed at kunne sige, at Sultedøden indtræder, naar Dyret har mistet $^2/_5$ af dets Legemsvægt. Men dette kan tage højst ulige lang Tid. De varmblodige Fugle, navnlig Smaafugle, hvis Stofskifte er saa intensivt, kan sjældent taale mere end nogle faa Dages (eller Timers) Sult, men Mennesket har i »Sultekunstneren« Succi — ti denne Beskæftigelse kan ogsaa gøres til en Kunst! — drevet det til at sulte i 30 Dage. Det fortælles forøvrigt, at i 1831 levede en Straffefange i Toulouse i 63 Dage uden at tage anden Næring til sig end Vand.

Ganske naturligt staar de koldblodige Dyr langt højere i saa Henseende. Frøer kan f. Eks. leve uden Næring mere end 1 Aar, og Padden *Proteus sanguineus* skal kunne gøre det samme i flere Aar. Mærkeligt er det, hvor stort et Arbejde der af nogle Dyr kan præsteres under en saadan Hungerperiode. Vor Landsmand Dr. Johs. Schmidt har gjort sig fortjent ved at paavise, at vor almindelige Aal yngler ude paa de store Dybder i Atlanterhavet, Vest for Irland, hvorfra Larverne, der kaldes Leptocephaler, vandrer ind mod Kysterne og imedens forvandler sig til den lille vel-

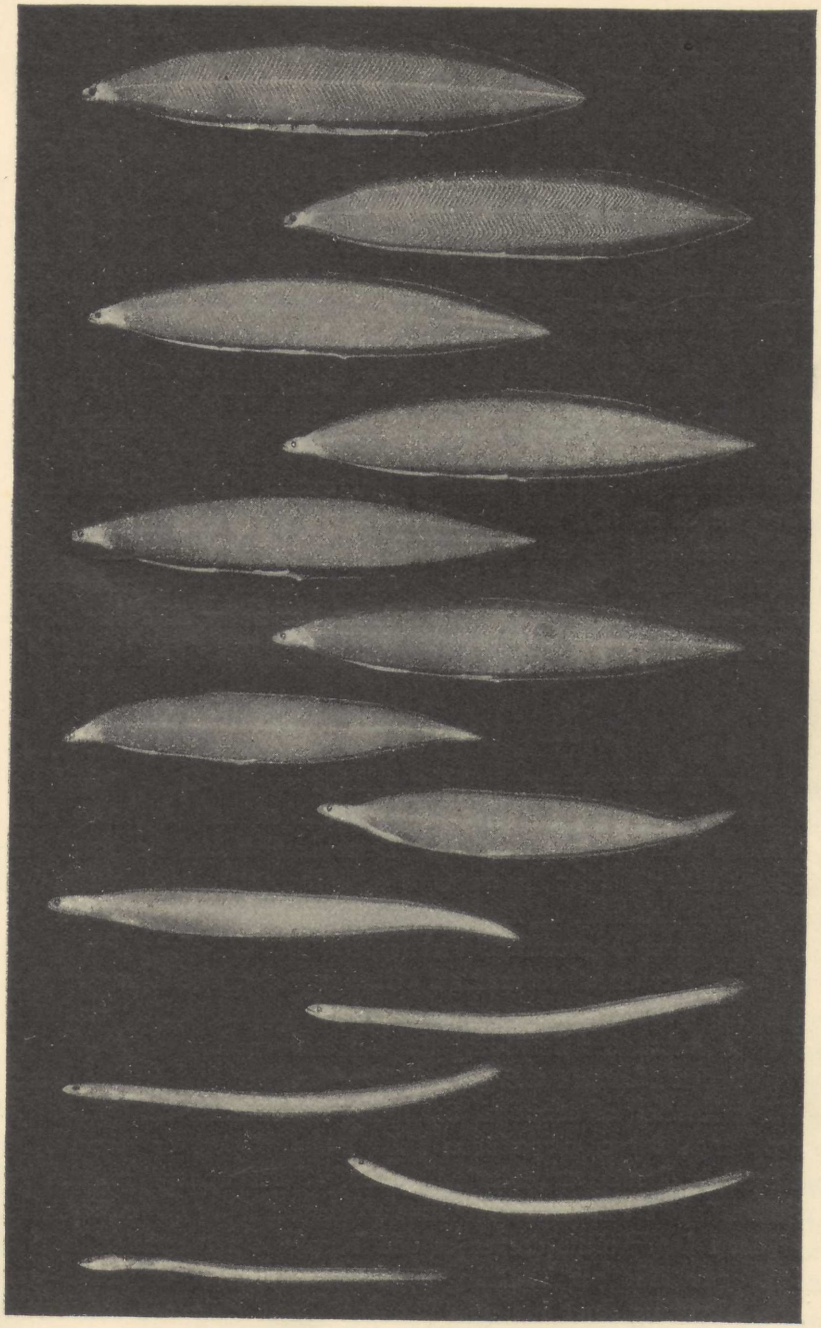


Fig. 73. Aalens Udvikling fra Larve (Leptocephal) til Glasaal. Naturlig Størrelse.

kendte gennemsigtige Glasaal, der er meget mindre end Larven, fordi denne under hele Vandringen absolut ingen Føde tager til sig. Han lod nu foretage nogle Bestemmelser af Stoftabet i denne Periode af Aalens Liv.

	Frisk Vægt	Tørstof	Tørstof pr. Stk.
7 Leptocephaler vejede ..	10.353 gr.	0.756 gr.	0.108 gr.
7 Glasaal — ..	2.293 -	0.465 -	0.066 -

Den store Forskel i »levende Vægt« hidrører hovedsagelig fra Vandindholdet, men Forskellen i Tørstof er dog saa stor, at den overgaar, hvad CHOSSAT mente, at Dyr skulde kunne taale at tabe af deres Vægt (se ovfr.).

Hvis Organismen befinder sig i Dvaletilstand (Sporer, Frø og Knolde af Planter, indtørrede Hjuldyr, Tardigrader, Infusorier og Bakterier, indefrosne Snegle, vintersovende Pattedyr osv.), kan Næringsmangel, som vi tidligere har omtalt under »Det latente Liv« (se S. 26 ff.), taales endnu længere. Men her er Livsvirksomheden jo i højeste Grad nedstemt, og Stoftabet derfor ofte saa ringe, at det slet ikke kan paavises. Livet synes ganske suspenderet, og saa er det forstaaeligt, at det heller ikke har Brug for Næringstilførsel.

Vandets Mængde og Fordeling.

Der gives næppe nogen Faktor, der i saa høj Grad præger de levende Væseners Former, Trivsel og Udbredelse paa Jorden som Vandets Mængde og Fordeling. Dette hænger sammen med, at den varierer i langt højere Grad end Lys, Varme og de andre livgivende Faktorer, og fordi den, som allerede antydet (se S. 99), har saa mange sekundære Virkninger. Det tør vist ogsaa siges, at Vandet er en af de kraftigst virkende geologiske Faktorer, der influerer paa vor Klodes rent ydre Fysiognomi, og hvorved det igen indirekte faar Betydning for Organismerne.

Vandets Mængde paa Jordens Overflade er jo ogsaa saa stor, at Størstedelen af denne til Stadighed er bedækket dermed. Men det Vand, der er magasineret i Have og Indsøer, er ikke derfor bleven stedbundent. Ikke nok med, at det under Vindens og Strømningers Paavirkning bestandig blandes i de store Bassiner, er det i Dampform, dreven af den Varme, der udstraaler fra Solen, ogsaa altid paa Vandring opad i Luften, hvor det driver om som Skyer og føres ind over Landene for at falde ned som Regn

og Sne, og senere efter kortere eller længere Omveje at finde tilbage med Floderne til Havet og de store Indsøer. Dette storslaaede Kredsløb fuldfører det — i Modsætning til Kulstoffet og Kvælstoffet — ganske uden Organismernes Medvirkning, men uden dette Kredsløb var Liv paa Landjorden utænkeligt.

Dog nyder de forskellige Egne af Jorden højst ulige Nytte af dette Kredsløb. Der findes Steder, hvor der saa at sige aldrig falder Nedbør (de store Ørkenomraader), andre, hvor der falder, lidt eller megen, Nedbør paa bestemte Tider af Aaret, og atter andre, hvor det regner og sneer, meget eller lidt, hele Aaret igennem. Have og Indsøer paa den ene Side, hvor Vandet bedækker Jordens Overflade, og Ørkenerne paa den anden Side, hvor det aldrig eller yderst sjældent kommer, er da de to store Ekstremer, mellem hvilke der findes alle mulige Overgange.

Der vil senere blive givet en Oversigt over, hvorledes Livet former sig paa disse forskelligartede Omraader, og foreløbig skal der kun fremdrages nogle enkelte Eksempler til Belysning af Forhold af mere almen Interesse. Som det vigtigste skal der da navnlig tages Sigte paa den Indflydelse, Vandets Fordeling har paa Planteverdenen, fordi denne jo overalt er Betingelsen for Dyrenes Eksistens, og fordi Planterne som for Størstedelen stavnsbundne Organismer staar i langt inderligere direkte Rapport til de fysiske Faktorer end Dyrene.

Selve Landets Flora og Fauna har et eget Præg. Sandsynligvis nedstammer en Del af de Organismer, der nu til Stadighed fører deres Liv i det vaade Element, fra Landorganismer og omvendt, saa Overgangene mellem disse Grupper ikke er helt skarpe, og mange væsentlige Karakterer genfindes hos begge. Der findes Amfibier, der baade kan leve i Vandet og paa Landet; og en Mængde Planter, i Sumpe og Søer, der har deres Rod i Vandet, sender Skud, Blade og Blomster op i Luften. Men der er paa den anden Side en Rigdom af Planter og Dyr, der saaledes er tilpassede til Livet i Vandet, at de enten helt mangler Organer, der vilde være nødvendige paa Landjorden, eller er forsynede med andre, der kun kan fungere i Vandet.

Vandet er jo saa forskelligt fra Luften i Henseende til Vægtfylde, Varmefylde, Varmeledningsevne og i dets Forhold til Lyset (Brydning, Spredning og Absorption af Lysstraaler). Dets ofte ret betydelige Indhold af Salte og dets forholdsvis ringe Luftindhold er af overordentlig Betydning for Organismerne, og lige-

saa det uhyre Tryk (1 Atmosfære for hver 10 Meter), det udøver i større Dybder. En Livsfunktion som Transpirationen, der bestaar i Fordampning af Vand fra Legemets Overflade, kan jo aldeles ikke foregaa hos de Organismer, der lever under Vandet, og deres Stofskifte bliver derfor paa væsentlige Punkter meget forskelligt fra Landorganismernes. Det er saaledes forstaaeligt, at Opholdet i Vand maa medføre gennemgribende Ændringer i Organismernes Bygning og Levevis.

Hvad nu først Livet i de Vande (Have, Søer og Floder), hvor der aldrig finder nogen fuldstændig Udtørring Sted, angaar, saa er det kun, hvor Vandet staar forholdsvis lavt, at vi træffer i Bunden fasthæftede Planter, fordi Lyset i en vis Dybde bliver alt for svagt til at underholde Kulsyreassimilationen. I over 150 Meters Dybde vil det næppe være muligt for nogen autotrof Plante at opretholde Livet i Længden, og Bundvegetation findes derfor ogsaa i Reglen kun i en vis Afstand fra Kysterne eller paa grundede Steder, næppe i over 30 Meters Dybde. Derimod kan man i dybe Indsøer, hvor Vandet er forholdsvis roligt, træffe mange højt udviklede flydende Blomsterplanter eller saadanne, der er i Stand til fra Bunden at sende meget lange Skud og Bladstilke op til Overfladen. Men saa snart der kommer en Smule Bevægelse i Vandet, som ude paa de aabne Have og større Søer, gør Bølgeslaget dog saadanne Planters Trivsel umulig. Selv Sargassotangen (Fig. 74), der i saa store Masser træffes langt ude i Atlanterhavet, vokser egentlig ved Amerikas Kyster, hvorfra den bliver reven løs og gaar til Søs.

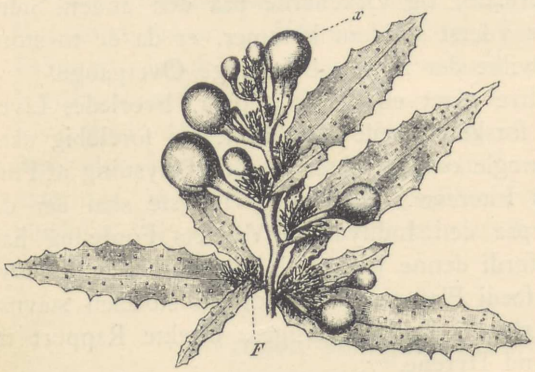


Fig. 74. En Skudspids af Sargassotang (*Sargassum subrepandum*), der ved luftfyldte Blærer (*x*) holdes svævende paa Vandet.

Langt borte fra Kysterne, som forøvrigt ogsaa i Nærheden af disse, findes derimod umaadelige Mængder af frit svævende, hovedsageligt mikroskopiske Planter og Dyr, som man med et fælles Navn kalder Plankton, Svævet. Ved de uhyre Masser, hvori

dette kan optræde, spiller det en meget vigtig Rolle for hele Livet i Havet, bl. a. for Fiskenes og visse Hvalers Ernæring, hvorfor vi senere lidt udførligete skal vende tilbage hertil.

At der er en saa gennemgribende Forskel paa Plantearterne i Havet og i det ferske Vand, beror hovedsagelig paa Saltholdigheden i det første. Her træffes kun ganske enkelte Blomsterplanter som Bændeltang og dermed beslægtede; Hovedmassen hører til Algernes formrige Gruppe; i det ferske Vand er derimod flere forskellige Familjer af de højere Blomsterplanter repræsenterede.

Baade det højere og det lavere Dyreliv kan derimod være rigt repræsenteret i alle mulige Dybder af Have og Søer, og det ikke alene ved frit svømmende, med aktive Bevægelser udrustede, Dyr, men ogsaa ved passivt flydende eller paa Bunden fastsiddende Former. Mange af de til Stadighed i de store Dybder levende Dyr maa da ernære sig af, hvad der ved Strømninger føres til dem, eller hvad der af døde Dyr og Planter fra øvre Vandlag efterhaanden synker til Bunds.

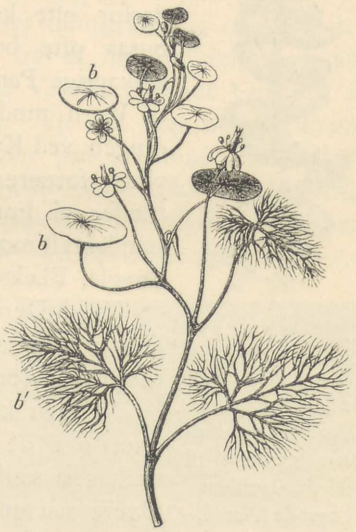


Fig. 75. Skud af *Cabomba aquatica*, en tropisk Vandplante, der hører til Aakandefamilien, med helrandede Svømmeblade (*b*) og efter Gælleprincippet stærkt delte, nedsænkede Blade (*b'*).

Paa Grund af Vandets i Forhold til Luftens saa store Vægtfylde virker det bærende paa Organismerne, der her ikke i den Grad som i Luften ved Udformningen af deres Legemsbygning bliver paavirkede af deres Legemsvægt. Vi ser derfor i de under Vandet levende Planters anatomiske Bygning den gennemgaaende Forskel fra Landplanternes, at al mekanisk Støtte- og Beskyttelsesvæv er i højeste Grad reduceret. Huden, der her heller ikke skal værne mod Fordampning, er ganske tyndvægget og letigennemtrængelig for Vand, og da den Næring, der skal optages, saa at sige udelukkende findes opløst i det omgivende Vand, kommer alle Plantens Organer, Stængler saavel som Blade, til at virke i den almindelige Næringsoptagelses Tjeneste. Vi vil da

ogsaa ofte se, at saadanne Planter helt mister deres Rod, og at nedsænkede Blade, for at byde saa stor en Overflade som muligt, bliver som Rødderne i Landjorden enten traadformede eller stærkt findelte, efter Gælleprincipet (Fig. 75), hvorfor de ogsaa i Overensstemmelse med Gællerne kan optage langt mere af den i Vandet opløste Ilt, end de ellers vilde kunne.

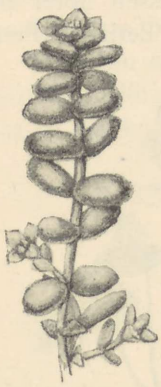


Fig. 76. Skud med tykke, kødede Blade af Strandarve (*Honckénya peploides*), en lille til Nellikefamilien hørende Plante, der er almindelig hos os paa sandede og grusede Strandbredder.

De Dyr, der foretager selvstændige Bevægelser, kan vel ikke som Planterne undvære de mekaniske Vævs Uddannelse. Muskler og Skeletvæv er derfor ofte kraftige hos dem, og udadtil er de ogsaa ofte beskyttede ved Skæl eller horn- og kalkagtige Pansere og Skaller, der dels kan tjene til Værn mod Vandets mekaniske Kraft i Brændingen ved Kysterne, dels mod Rovdyr, der ellers vilde fortære dem. Men ogsaa blandt Dyrene træffer vi Former uden nogen som helst Modstandskraft mod saadanne Indvirkninger, som nøgne Snegle, Blæksprutter, Gopler osv.

Hvad Dyrenes og Planternes geografiske Fordeling i de aabne Vande angaar, saa er Dybsøfaunaen (om en Dybsøflora udover Bakterier og Svampe kan der jo ikke være Tale) ret ensartet paa de forskellige Steder af Jorden (naar undtages særlige Former i isolerede Indsøer), i Overensstemmelse med, at Vandets Temperatur overalt i de store Dybder er meget konstant, fra en Dybde af 300—400 Meter altid omkring + 2 Graders Celsius. Overfladelivet og Kystlivet er derimod meget forskelligt efter Temperaturen, Vandets Saltindhold m. m. i forskellige Zoner af Jorden.

Til Virkningen af Faktorer som Lys, Tryk, Bølgeslag m. m., der ofte gør sig særlig udpræget gældende i Vandet, vil vi senere i Fremstillingen igen vende tilbage. —

Før vi gaar over til at betragte Vandets Virkninger paa Landjordens Organismer, maa vi lige berøre saadanne Tilfælde, hvor det enten indfinder sig periodisk, som under Flod og Ebbe ved Strandkanten, eller hvor det til Stadighed staar meget lavt, maaske kun udfylder Porerne i Jorden, som i Sumpe og Moser, men hvor der aldrig bliver Tale om Vandmangel paa Grund af Nedbørens Udeblivelse, derimod dog nok paa Grund af Van-

skeligheden for Luftplanter ved at optage Vand under en herskende lav Temperatur, der nedstemmer Rodvirksomheden, eller af Saltvandsopløsninger, der kan virke vandsugende paa Rødderne. Slige Lokaliteter har deres egen, ofte meget rige og yderst interessante, Flora og Fauna, der vel i Almindelighed kan siges at være prægede af Amfibielivet og derfor laaner Træk baade fra Land- og Vandorganismerne. Saaledes aander mange Padder, der jo i fremtrædende Grad er Amfibier, baade ved Lunger og Gæller samt for en stor Del gennem Huden, og Sumpplanter udmærker sig ofte ved deres svampede Bygning, der hidrører fra et højt udviklet Luftkanalsystem, gennem hvilket de under Vandet værende Organer forsynes med Ilt til deres Aandedræt. Vi skal dog her indskrænke os til at henlede Opmærksomheden paa saadanne Forhold som Strandvegetationens Ejendommeligheder, hvor tykke, kødede Blade og Stængler optræde saa hyppigt (ligesom paa rigtig tørre Lokaliteter, Fig. 76), som en særlig interessant Formation paa Mangrove-



Fig. 77. Mangrovesump paa Kysten af en Ø i Siambugten i Ebbetiden. Det store Træ i Forgrunden (*Sonneratia alba*) er forsynet med talrige pyramideformede »Aanderødder« af en svampet Bygning, der indsuger og opmagasinerer Luft, naar Flodvandet har trukket sig tilbage. I Baggrunden ses et andet for Mangroven karakteristisk Træ (*Rhizophora conjugata*) paa dets ejendommelige Stylterødder.

sumpene (Fig. 77) ved Tropernes Kyster, paa de arktiske Tundraer og den koldt tempererede Zones vidtstrakte Moser og forsumpede Skove, paa Sumpe og ejendommelige Sumpskove i den varmt tempererede og tropiske Zone (Fig. 78), alle som et særligt Hjemsted for amfibiale Dyr (Krybdyr, Padder, Lungefisk, Snegle, Insektlarver [Myggelarver — Malaria!] m. fl.). —

Paa Landjorden kommer der ikke andet Vand, end hvad der falder ned fra Skyerne som Regn og Sne, eller hvad der — i mindre Mængder — af Luftens Vanddampbeholdning direkte fortætter sig paa Jordens Overflade som Dug. Ganske vist kan en regnløs Egn ved Oversvømmelser eller kunstige Kanalanlæg



Fig. 78. Skov af Daddelpalmer paa sumpet Bund i Nærheden af Bombay.

modtage Vand fra en Flod, der udspringer i Egne (Bjærge) med megen Nedbør, eller fra underjordiske Kilder (som de i Ørknerne spredte Oaser), men Vandets Fordeling herfra vil dog i Reglen blive ret begrænset, undtagen hvor der ved Flodmundingerne (som Nilens og Missisippis) danner sig store Deltaer. Ogsaa Indsøernes Vandbeholdning vilde paa Grund af Fordampningen efterhaanden forsvinde, hvis de ikke havde Tilløb af Regnvand, der naaer dem enten ad overjordiske Baner (Vandløbene) eller gennem underjordiske Kilder.

Selve Jordbunden kan vel i sine Porer rumme en Del Vand, men dels siver dette ned igennem Jordlagene og finder før eller senere gennem Kilder Afløb til Havet igen, dels fordamper Van-

det direkte fra Jordoverfladen eller i endnu højere Grad indirekte gennem Planterne, der suger det op af Jorden, ofte fra betydelige Dybder, saa naar Temperaturen er høj, Luftfugtigheden ringe og Luftstrømninger (Vindene) livlige, kan det øverste plantenærende Lag af Jordbunden hurtigt udtørres. Selve Jotdbundens Beskaffenhed spiller dog ogsaa her en stor Rolle. Sand- og Klippebund udtørrer hurtigt, Ler- og Muldbund, der har en stærk vandholdende Evne (Hygroskopicitet) langsommere, og i det hele gør overmaade store Forskelligheder i saa Henseende sig gældende fra Sted til Sted. Man regner, at af den Regn, der gennemsnitlig falder her i Landet i Sommertiden, fordamper straks igen $^1/_3$; $^1/_3$ løber bort hen ad Jordens Overflade eller gennem Revner og Sprækker, og kun $^1/_3$ optages i Jordens Porer og bliver disponibel for Plantevæksten.

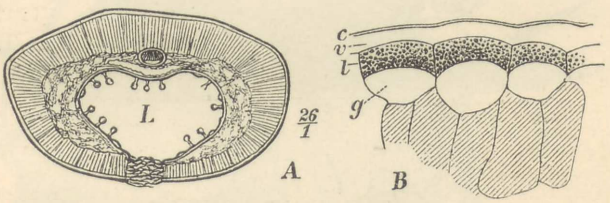


Fig. 79. Tværsnit gennem et Blad af Rævling (*Empetrum nigrum*). *A* viser det sammenrullede Blad med et stort Luftrum, ind mod hvilket Spalteaabningerne er anbragte. *B* viser Overhudscellernes Bygning med tykke, forkorkede Ydervægge (*v*) og forslimede Indervægge (*g*).

Og dog er Vandet det Stof, Organismerne bruger i størst Mængde (se senere under Transpiration), og som de af forskellige Grunde (se S. 99 ff.) daarligst og i Almindelighed ogsaa kortest (sml. dog her Ilten) kan undvære.

Alle Landorganismernes Bygning tager derfor ogsaa Sigte paa at regulere deres Vandbeholdning, for saa vidt som de er afhængige, som Planterne, af det paa et givet Sted tilstedeværende Forraad. For de Dyrs Vedkommende, der selv kan opsøge Vandkilderne, stiller Sagen sig jo noget anderledes, men ogsaa disse har i Hudens Bygning og Beklædning sindrigt indrettede Midler til Regulering af Vandtabet.

Planter, der vokser paa Steder, som let udtørrer, eller hvor der en vis Tid af Aaret ingen Nedbør falder (saakaldte Xerofyter), er indrettede til at værge sig mod Vandmangel ved forskellige Midler, som en fast bygget Overhud (Fig. 79), der kun

vanskeligt lader Vanddampe passere, ved Evnen til at kunne lukke deres Spalteaabninger[1]) paa de Tider, da der er Fare for den største Fordampning, ved stedse eller periodisk — og da naturligvis i de tørre og kolde Tider — at frembyde saa ringe en Overflade som muligt ved enten helt at afkaste deres Bladapparat

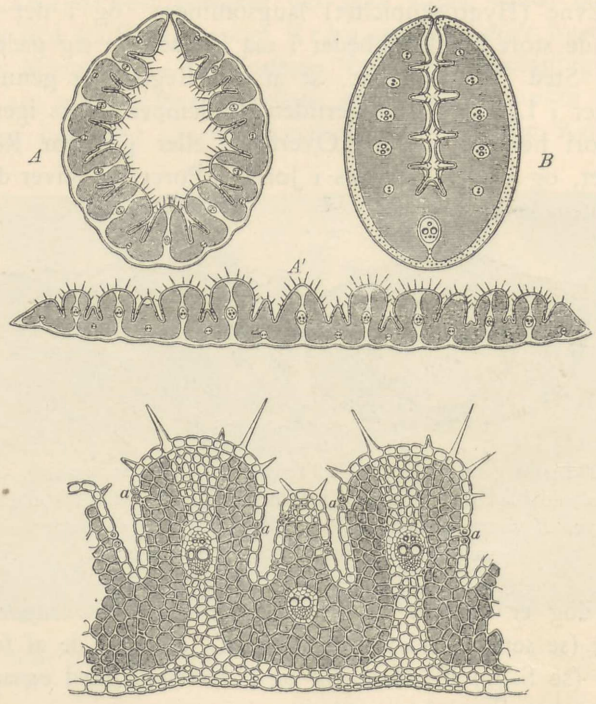


Fig. 80. Tværsnit af Blad af et Steppegræs (*Stipa capillata A* og *A'*) og en Svingelart (*Festuca alpestris, B*), og forneden et Stykke af Stipabladet i stærkere Forstørrelse. *A* og *B* viser, hvorledes Bladene ruller sig sammen i tørt Vejr, *A'* hvorledes de breder sig ud i mindre tørt Vejr. I Furerne (ved *a*) er Spalteaabningerne anbragte, tillige beskyttede ved Haardannelser.

(Løvfald) eller som Knold- og Løgplanter helt at gaa til Hvile i Jorden, ved at rulle Bladene sammen (Fig. 80), eller være for-

[1]) Bladets Bygning er tidligere berørt (se Fig. 45). men vil senere blive nærmere omtalt under Afsnittet om Ernæringen (Kulsyreassimilationen).

synede med yderst faa eller ingen Blade (Fig. 81, 82), saa Stænglerne udfører disses Rolle, ved at være beskyttede ved Haar og andre Dannelser, ved at kunne indtage Bladstillinger med saadanne Vinkler mod Lysstraalernes Retning, at disse falder skraat ind paa dem, ved at udsende stærkt duftende æteriske Oljer, som Hede- og Ørkenplanter er bekendte for, og som menes at nedstemme Vandtabet til den omgivende Luft, osv. osv. Mange Planter indretter sig saa ogsaa paa stor Økonomi med Vandforbruget, hvilket

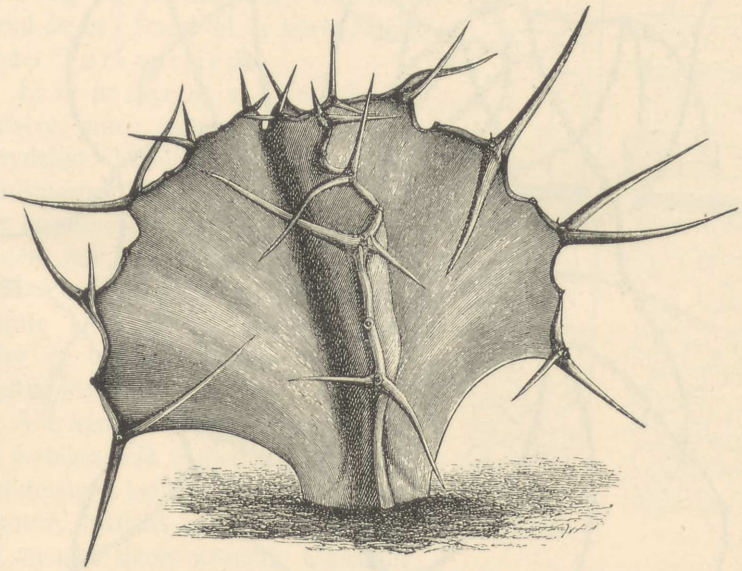


Fig. 81. En sydafrikansk Vortemælk (*Euphorbia grandicornis*), der er ganske bladløs, tornet og har tyk opsvulmet, grøn Stamme.

dog i Reglen har en tilsvarende Nedstemning af al anden Livsvirksomhed (Vækst) til Følge, eller de anlægger sig Beholdninger af Vand i tykke, kødede Blade med særlige Vandvæv (Fig. 83) eller med Saft stærkt fyldte Celler, i Løg og Knolde o. l. Kort sagt, en Mængde af de Forskelligheder, der præger Plantenaturen, er netop et Udtryk for Tilpasning til Fugtighedsforholdene fremfor nogen anden ydre Faktor.

I hvor høj Grad Planterne er udsatte for at komme til at lide af Vandmangel, afhænger nu ikke alene af den paa et Sted i

Aarets Løb samlede Mængde af Nedbør, men ogsaa af en Række andre Faktorer, som tildels allerede er nævnte, som Nedbørens Fordeling i Aaret, Jordbundens Beskaffenhed, Vindforholdene, Plantens Vandbehov og Beskyttelsesmidler mod Vandtab osv., men først og fremmest af den samtidigt herskende Temperatur, der

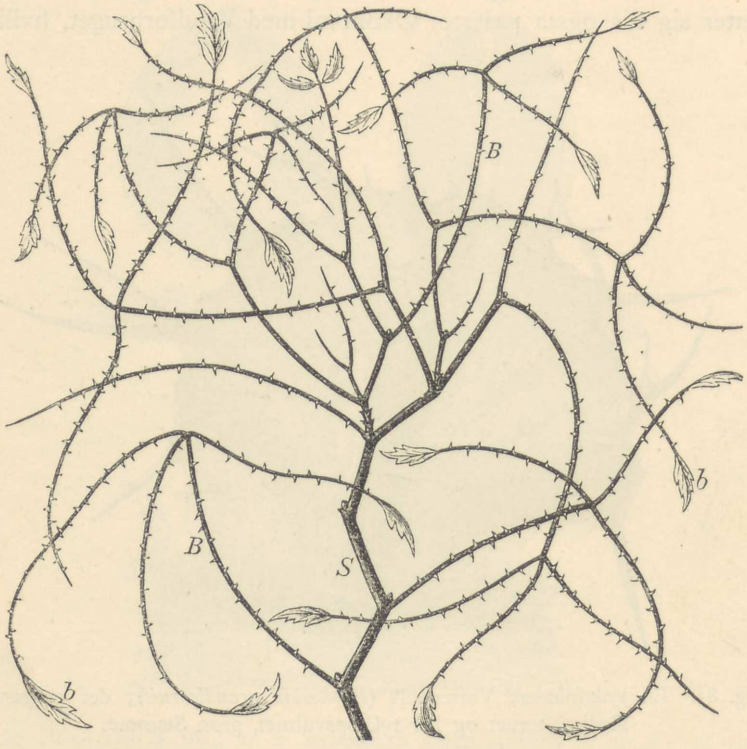


Fig. 82. Skud af en australsk Klyngerart (*Rubus squarrosus*), hvis Blade næsten kun bestaar af Stilke og Ribber, kun yderst paa disse en Rest af Bladplader.

jo øver saa stor en Indflydelse paa den Hastighed, hvormed Vandet fordamper, og tillige griber ind i Plantens Evne til ved Rodvirksomheden at forsyne sig med Vand fra Jorden. Det bliver da Fugtigheds- og Temperaturforholdene i Forening, der bliver de afgørende Faktorer for Plante- (og Dyre)livets Udbredning paa Landjorden; men da Temperaturen øver sin særlige

Virkning, uafhængig af Vandet, og mange andre Faktorer ogsaa griber modificerende ind i Billedet, vil vi opsætte at give en Oversigt over Planternes geografiske Udbredelse og Fordeling til vi har behandlet hver enkelt af disse Faktorers særlige Indvirkning paa Organismerne. At vi herved tillige vil komme ind paa Dyrenes Udbredelse, er allerede tidligere berørt.

Men endnu maa der tilføjes et Par Ord om Organismernes Evne til i det hele taget at taale Udtørring og navnlig om, i hvilken Grad de er i Stand til at bevare Livet under Tørkeperioder.

Et er jo nemlig, at Livet ikke kan pulsere, uden at et vist, forholdsvis betydeligt, Vandforraad staar til Organismernes Disposition, et andet, om det overhovedet kan bestaa, om Livsevnen helt udslukkes eller bevares, naar Vandmængden gaar under bestemte Grænser. I saa Henseende viser de levende Væsener højst forskellig Plasticitet.

Alle kender Eksempler paa, at blot en forbigaaende Visnen paa Grund af Vandmangel betyder Døden for mange Planter, medens andre liver op igen og antager deres normale Udseende, selv om de i længere Tid har været helt indskrumpede og sammenfaldne paa Grund af Tørke; det sidste gælder mange Mosser og i særlig Grad Lavarterne og mange Bakterier, og talrige Ørkenplanter er Eksempler paa, at ogsaa højere Planter kan have denne Evne. Flere Buske og Træer taaler ogsaa at miste deres Blade paa Grund af Tørke, uden just at lide særligt derved; naar det igen falder i med gunstigt Vejr, skyder der nye Blade frem, og ofte har disse Planter netop indrettet sig en Hvileperiode, med Løvfald, paa saadanne Steder, hvor Tørtiden indtræder med Regelmæssighed

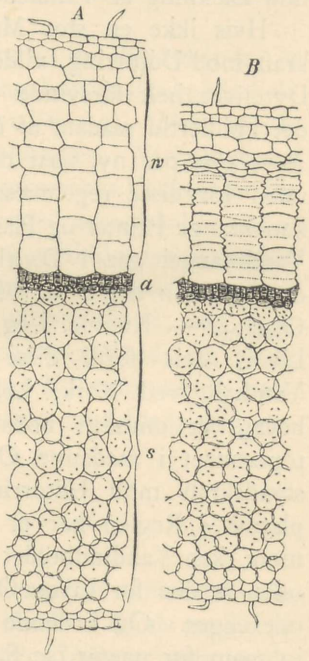


Fig. 83. Tværsnit af et *Peperomia*-Blad, hvis Overhud paa Oversiden bestaar af flere til et Vandvæv uddannet Cellelag. *A* er af et friskt Blad, *B* af et Blad, der i 4 Dage har henstaaet i tør Luft ved 18—20°, hvorved Vandvævet (*w*) er skrumpet harmonikaformet ind. *a* og *s* er bladgrøntførende Celler.

paa bestemte Tider af Aaret. Det kan her tilføjes, at naar de koldere Klimaters Planter ofte kaster deres Løv om Vinteren, der ikke behøver at falde sammen med en Tørhedsperiode, staar dette dog som oftest i Sammenhæng med, at der i denne Tid, hvor Vandoptagelsen fra Rødderne nedstemmes paa Grund af den lave Jordbundstemperatur, er særlig stor Fare for Udtørring, for mangelfuld Dækning af Vandtabet.

Hvis ikke en stor Mængde Planter havde denne Modstandskraft mod Udtørring, vilde paa mange Steder af Jorden Plante- og Dyrelivet helt forsvinde i de tørre og kolde Perioder. Nu gaar det imidlertid saadan, at de blot nedstemmes, gaar i Hvile, for at »leve op« paa ny, naar de gunstige Tider indtræder. Men ogsaa uden for disse regelmæssigt tilbagevendende ugunstige Perioder kan mange Planter og Planteorganer ved en pludselig indtrædende Vandmangel gaa i Dvaletilstand som en direkte Virkning af denne. Men det er da ofte ved Hjælp af særlige, dertil indrettede Organer — Knolde, Løg, Frø, Sporer osv. — at Planten redder Livet, dels fordi disse Organer er saaledes beskyttede mod Vandtab, ved Kork, Løgskæl o. a., at de levende Celler kan bevare et omtrent normalt Vandindhold, dels derved, at Protoplasmaet i saadanne Organer kan have en særlig stor Modstandskraft mod Udtørring. Medens det livsvirksomme Protoplasma i Reglen har et Vandindhold af 80—90 % eller endnu mere, kan Vandindholdet i tørre Frø og Sporer gaa ned til 5 %, uden at den for Livets Opretholdelse nødvendige Struktur derved ødelægges. Og i denne Tilstand kan de paagældende Plantedele jo, som før nævnt (se S. 30), henligge i overordentlig lang Tid, indtil Aarhundreder, før Livsevnen endelig helt udslukkes. Under saadanne Forhold bliver netop det ringest mulige Vandindhold ofte Betingelsen for Organismens fortsatte Eksistens i denne underlige Tilstand, da Livsfunktionerne synes at være helt ophørte.

Fra Dyreriget kan der fremdrages lige saa mange Eksempler paa forskellig Modstandskraft overfor Udtørring. Alle varmblodige Dyr er med Undtagelse af de vintersovende Pattedyr under Søvnen i højeste Grad følsomme mod Vandmangel, og f. Eks. mange Smaafugle dør uvægerligt, om de blot i kort Tid ikke faar Vand. Men som det ogsaa tidligere er omtalt (S. 30—31) træffer vi hos Hjuldyr, Bjørnedyr, Infusionsdyr m. fl. en saadan Plasticitet, at de ved pludselig indtrædende Vandmangel (ved Udtørring af de Vandpytter, hvori de lever) straks kan gaa i Dvale og bevare

Livet i lange Tidsrum, skønt disse Væsener netop er Vanddyr. Ørkenerne eller Steder, der i længere Tid af Aaret er helt udtørrede, har en Fauna, der i flere Henseender ganske svarer til deres Flora. Saaledes beskytter f. Eks. visse Snegle sig ved i den tørre Tid at trække sig ind i deres Skal, lukke for den ved et for Luft og Vanddampe ganske uigennemtrængeligt Laag, indtil det atter regner, og de derved vækkes til Live igen efter deres ganske dødlignende Dvale. —

Endnu kan tilføjes, hvad der jo forøvrigt er alle bekendt, at for meget Vand ofte bliver en sikkert og hurtigt dræbende Faktor for mange Organismer (Død ved Drukning). Men her er det dog i de fleste Tilfælde indirekte, sekundære, Virkninger af Vandet, der medfører Døden, for Landorganismernes Vedkommende i første Række Iltmangel, fordi deres Aandedrætsredskaber (Lunger, Tracheer o. l.) ikke er i Stand til at udskille den fornødne Mængde Ilt af Vandet. Hvor denne Evne er til Stede, som f. Eks. hos de fleste Luftplanters Blade og grønne Skud, ser man, at de ofte i nogen Tid kan leve nedsænkede i Vand, og at de ogsaa af Vandet kan optage den for deres Kulstofernæring nødvendige Mængde Kulsyre (Assimilationsforsøg med Blade nedsænkede i Vand, se senere).

2. Varme.

Varmen er en af de Former for Energi, der griber dybest ind i alle Naturprocesser, og som endogsaa virker fra Klode til Klode (se S. 145 o. f.). Jorden har vel en vis Egenvarme, og dens Indre er endnu endogsaa en flydende, glødende, sandsynligvis tildels luftformig, Masse, saaledes som den tidligere har været det helt igennem. Men efterhaanden afkøles den, idet der bestandig gaar Varme bort ved Udstraaling til Verdensrummet, hvorved stadig mere og mere af Jordskorpen størkner. Og denne Afkøling vilde skride endnu hurtigere frem, hvis Jorden ikke samtidig modtog betydelige Mængder af Varme med de Straaler (Lys- og Varmestraaler), der udgaar til den fra Solen. Overfladetemperaturen i Jord, Vand og Luft er da ogsaa aldeles overvejende betinget af Solvarmen, og derfor bliver paa Grund af de forskellige Vinkler, hvorunder Solstraalerne rammer forskellige Egne af Jorden, disses Temperatur saa vekslende. Hvad der af Varme ledes fra Jordens Indre til dens Overflade, er ganske forsvindende herimod.

Den Energi, der i Form af Lys og Varme udstraaler fra Solen til Jorden, kan paa forskellig Maade bindes her under Omsætning til kemisk, mekanisk, elektrisk Energi m. m. Det første finder i stort Maal Sted ved Planternes Dannelse af organiske Stoffer af Kulsyre og Vand under Sollysets Medvirkning. Store Mængder Varme bindes ogsaa ved Fordampning af Vand fra Jordens og Havets Overflade, og disse Energimængder kan da igen flyttes fra et Sted af Jorden til et andet og frigøres i Form af Varme ved kemiske Omsætninger, navnlig Forbrændinger, ved Fortætning af Vanddampe under Skydannelse osv. Bl. a. faar ogsaa Mennesket herved forskellige Energiforraad at disponere over, saa det f. Eks. ved at iværksætte Forbrændingsprocesser (af Træ, Kul, Tørv o. l.) efter Behag kan producere store Mængder af fri Varme og anvende denne til at udføre forskellige Arbejder. Ad flere Veje kan det da ogsaa (ved den elektriske Ovn f. Eks.) frembringe meget høje Varmegrader, 3—4000° C, der kommer et godt Stykke op imod den Temperatur, man mener der hersker paa Solens Overflade, og som man har maalt til c. 6200° [1]).

Da der ved flere Naturprocesser, f. Eks. ved Stoffernes Overgang fra fast til flydende eller luftformig Tilstand, forbruges (bindes) store Mængder af Varme, sker der dels ude i Naturen betydelige Afkølinger, og dels har man heri et Middel til kunstigt at frembringe lave Temperaturer. Navnlig efter at man i de senere Aar har lært at bringe de forskellige Luftarter i flydende eller endog fast Tilstandsform, er man ved Hjælp af dem (idet der ved deres Fordampning forbruges uhyre Kvantiteter af Varme) bleven i Stand til hurtigt og simpelt at bringe Temperaturen overordentlig langt ned, ja nær ned imod den Varmegrad, ÷ 273°, ved hvilken alle Luftarter skulde være faste Legemer, og som man regner som det absolute Nulpunkt. Dette Punkt er vel fundet ved Beregning af Luftarternes Rumfangsformindskelse ved Afkøling, efter hvilken en ideel Luftarts Rumfang ved ÷ 273° skulde være = 0, men ved at lade flydende Brint fordampe har man faktisk naaet en Temperatur paa ÷ 259° C, og nu for nylig er det lykkedes den hollandske Fysiker Onnes ved Fortætning af Luftarten Helium til Vædske og paafølgende Fordampning at naa ned til ÷ 268° eller kun 5° over det absolute Nulpunkt.

---

[1]) Om Solens Temperatur hersker der iøvrigt ret forskellige Anskuelser.

Vi har altsaa nu Midler i Hænde til efter Behag at undersøge baade meget høje og overordentlig lave Temperaturers Indvirkning paa de forskellige andre Energiformer og paa Materien, og deriblandt ogsaa paa de levende Væsener. Og det vil have en vis Interesse i saa Henseende at betragte det levende i Forhold til den livløse Natur.

Hvad denne sidste angaar, viser den følgende mærkværdige Afhængighed af Temperaturen. Ved de laveste Temperaturer gaar alle Naturprocesser i Staa: Stofferne indgaar ikke nogen kemisk Forbindelse med hinanden, deres saakaldte Affinitet er sat ud af Spillet, og ingen Energiform udfører noget som helst Arbejde. Alt er i den dybeste Hvile. Efterhaanden som Temperaturen stiger, er det, som Materiens Smaadele, Molekuler, Atomer, Korpuskuler m. m., »vaagner« til »Liv«, d. v. s. begynder at bevæge sig og omsætte sig med hinanden som Følge af almindelig Energiudfoldelse. Den Hastighed, hvormed kemiske Processer forløber, stiger med Temperaturen, ofte proportionalt med denne eller efter en bestemt (geometrisk) Progression (se Fig. 84), indtil det Punkt er naaet, ved hvilket de dannede Produkter ikke længere kan bestaa som saadanne, men sønderdeles til endnu simplere Molekuler eller i Atomer o. a. Smaadele af de paagældende Grundstoffer. Mange fysiske Processer, som f. Eks. Legemers Udvidelse ved Varmen og det dermed følgende Tryk, de er i Stand til at udøve, følger i deres Afhængighed af Temperaturen lignende Love (se nedenfor og Fig. 84).

Men her viser Livsprocesserne ofte tilsyneladende et andet Forhold. Vel er en vis Minimumstemperatur en nødvendig Betingelse for, at de kan komme i Stand, og de begynder sjældent før ved Varmegrader omkring Vandets Frysepunkt (0°) — enkelte dog allerede nogle Grader under dette — og ofte først ved 10°—12°. De vokser derefter i Intensitet med Temperaturen indtil et vist Punkt, Optimum, der kan ligge forskelligt for forskellige Funktioner, med enkelte Undtagelser[1]) dog mellem 20° og 40°. Men naar dette Punkt er overskredet, svækkes de meget hurtigt, indtil de helt hører op ved nogle faa Graders højere Temperatur (deres Maksimum), der ikke just behøver at medføre

[1]) Bl. a. afviger i saa Henseende de saakaldte thermofile Organismer (se S. 134) og visse Enzymprocesser, naar disse forløber udenfor Cellen (se Fig. 84 Kurve 9 og Teksten S. 128—129).

Drabet af den paagældende Organisme. Dette sidste Punkt ligger i Reglen mellem 30° og 50°. Det særlig karakteristiske for de biologiske Processer — i Sammenligning med de fysisk-kemiske — bliver da dette, at de har en Optimumstemperatur og en — med en noget uheldig Betegnelse saakaldet — Maksimumstemperatur, der ligger forholdsvis lavt, og ved hvilken de helt hører op.

Et bekvemt Udtryk og let anskueligt Billede af disse Forhold kan gives gennem et System af Kurver paa følgende Maade. Paa en Grundlinje (Abscisseaksen) afsættes Temperaturerne med bestemte Mellemrum og ved en paa denne lodret Højdelinje (Ordinat) udtrykkes f. Eks. den Hastighed, hvormed en Proces forløber ved en eller anden af de paagældende Temperaturer. Undersøges nu en Proces ved forskellige Temperaturer, kan man i Stedet for Højdelinjer afsætte Højdepunkter, efter en vilkaarlig valgt Enhed, der skal udtrykke Processens Intensitet ved bestemte Temperaturer; og forbinder man disse Punkter ved en Linje, en Kurve, vil denne give et sammenhængende Billede af en Række forskellige Observationer. Herved falder de saakaldte Kardinalpunkter, Minimum, Optimum og Maksimum, let i Øjnene, og mange Uregelmæssigheder, navnlig i de biologiske Processers Forløb, mellem disse Punkter vil blive lettere overskuelige. Da der ved fysiologiske Processer altid spiller saa mange Sidefaktorer med ind (Cellen udfører jo altid flere Funktioner samtidig, og disse kan staa i indbyrdes Afhængighedsforhold til hinanden), bliver Kurverne for Livsfunktionerne eller saadanne, der skal udtrykke biologiske Forhold, ofte meget uregelmæssige og sjældent af en saa matematisk Nøjagtighed som de rent fysisk-kemiske Kurver.

Fig. 84 vil give et Billede paa saadanne Kurver som Udtryk for forskellige Virksomheders Afhængighed af Temperaturen. Af disse er Kurve 1 det billedlige Udtryk for en simpel aritmetisk Progression eller Differensrække (en Proportionalitetskurve), i hvilken Stigningen for hver 10° her er udtrykt ved Tallet 4 (Kvægsølvsøjlens Stigning i Termometerrøret viser det samme paa en anden Maade). Kurve 2 angiver derimod en geometrisk Progression eller Kvotientrække, i hvilken Kvotienten i dette Tilfælde er 2, og som udtrykt i Tal vilde se saaledes ud:

0°		1,5
10°	1,5 × 2 =	3
20°	3 × 2 =	6
30°	6 × 2 =	12

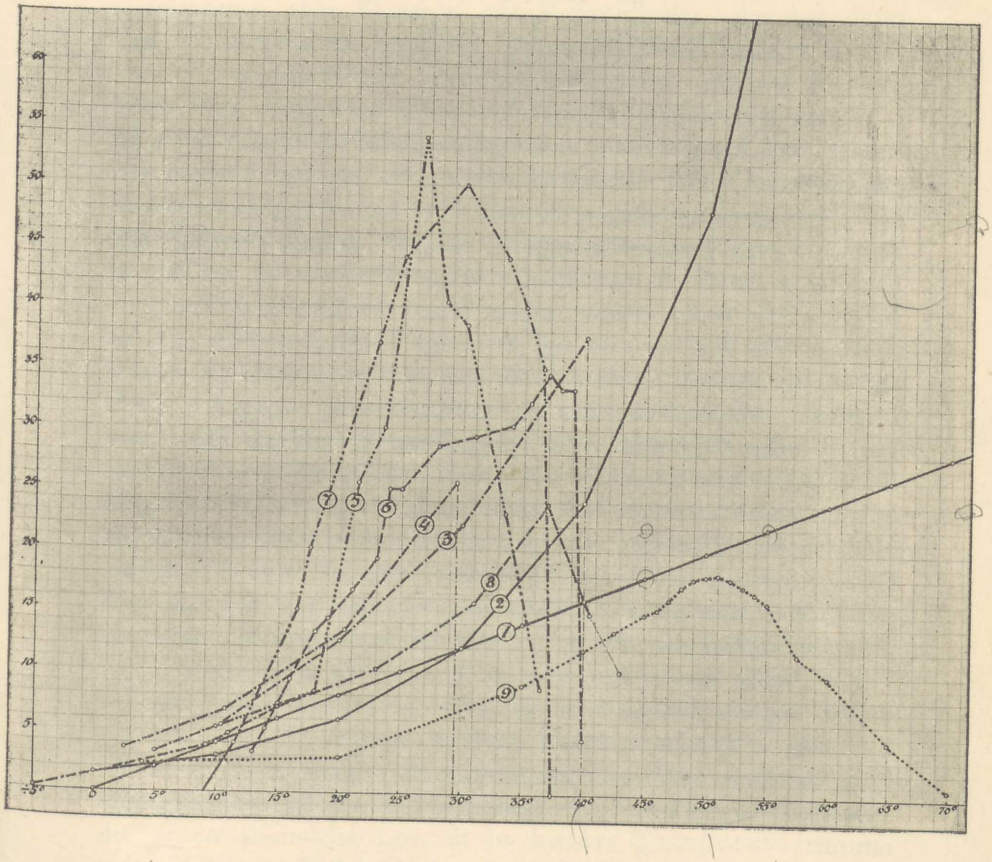


Fig. 84. Temperaturkurver.

1. Proportionalitetskurve, som f. Eks. kan udtrykke Legemers Udvidelse ved Varme.
2. VAN'T HOFFS LOV: en Fordobling af Virkningen for hver 10 Graders Stigning af Temperaturen (kan ogsaa være Forøgelse efter en anden Kvotient end 2, f. Eks. 1,5, 3 osv.).
3. Aandedrættet (Kulsyreudskilningen) hos Hvedekimplanter i Mørke (efter RISCHAWI).
4. Aandedrættet (Iltoptagelsen) hos Regnorme (efter KONOPACKI).
5. Væksthastigheden hos Ærtekimplanter (efter KÖPPEN).
6. Formeringshastigheden hos *Bacillus ramosus* (efter MARSHALL-WARD).
7. Sæksporedannelsens Hastighed hos Ølgær, *Sacharomyces cerevisiæ* I (efter E. CHR. HANSEN).
8. Kulsyreassimilationen hos Blad af *Prunus laurocerasus* (efter MATTHÆI).
9. Æggehvidespaltningen ved Peptase af Bygkimplanter (efter WEIS).

40^0 12 × 2 = 24
50^0 24 × 2 = 48
60^0 48 × 2 = 96 osv.

Denne Kurve, der, eftersom Kvotienten var mindre eller større end 2, vilde faa et fladere eller stejlere Forløb, er bl. a. Udtryk for den saakaldte VAN'T HOFF'ske Lov, der følges af de fleste kemiske Reaktionshastigheder, og som kort kan udtrykkes derved, at disse for hver Temperaturstigning paa 10^0 multipliceres (der) med Faktoren 2 eller 3 eller en anden nærliggende Størrelse, saaledes at Virkningerne altsaa relativt stiger langt stærkere end Temperaturerne. Da det har vist sig, at denne Lov ogsaa delvis gælder for en stor Række Livsfunktioner, har den en betydelig biologisk Interesse. Man vil saaledes se, at Kurverne 3, 4 og 8 i deres Forløb under Optimum i det væsentligste har samme Form som Kurve 2, og naar de senere bøjer ned mod Grundlinjen, kan dette opfattes som Udtryk for, at der indtræder Svækkelsestilstande eller modvirkende Processer, saaledes at det sidste Afsnit af Kurven bliver Resultatet af modsat virkende Kræfter. Kurve 8 er forøvrigt Udtryk for en af de Virksomheder, der kan begynde med Temperaturer under 0^0, og vi skal da her nærmere angive de Tal, af hvilke den er konstrueret. Af følgende 2 horizontale Talrækker angiver den nederste, hvor mange Milligram Kulsyre, der (i Forsøg af GABRIELLE MATTHÆI) blev optagen pr. Time af 50 □ Ctm. Bladflade af *Prunus laurocerasus*, naar Blade af denne Plante anbragtes i en kulsyrerig Atmosfære i Lys ved forskellige Temperaturer:

Temp.	$+ 5^0$	$+ 9^0$	11^0	15^0	23^0	31^0	**37^0**	$40^0{,}5$	43^0
Mgr. Kulsyre	0,2	3,8	4,8	7,0	10,2	15,7	**23**,8	14,9	10,2

Naar Optimum her naaes ved 37^0, kan dette forklares derved, at i samme Grad som den stigende Temperatur i og for sig fremskynder Kulsyreoptagelsen, svækker den Bladgrøntlegemerne, til hvilke denne Proces er knyttet, og denne Svækkelse bliver særlig følelig, naar 37^0 er naaede.

Forøvrigt synes det, at visse fysiologiske Processer, som f. Eks. Aandedrættet, intet egentligt Optimum har, men at de stiger med Temperaturen lige indtil deres Maksimum ɔ: det Tidspunkt, da den paagældende Organisme eller Celle dør (se Kurverne 3 og 4). Af de i Fig. 84 afbildede Kurver, til hvilke der flere Gange i det

følgende vil blive henvist, skal paa dette Sted endnu kun Kurve 9 fremhæves som Eksempel paa Virksomheder, der har deres Temperaturoptimum betydeligt højere beliggende, mellem 40° og 60°, end de sædvanlige fysiologiske Processer, medens Kurvens Form ellers nøje svarer til almindelige fysiologiske Kurvers.

Hver enkelt Livsfunktion følger sin karakteristiske Temperaturkurve med snævrere eller videre Afstand mellem Minimum og Maksimum, undertiden med flere Toppunkter og et mer eller mindre stejlt Forløb. For en Organismes forskellige Livsytringer vil der da kunne tegnes et helt System af Kurver[1]).

Men Yderpunkterne i Livsvirksomhedernes Temperaturkurver behøver ikke at angive Grænserne for de levende Væseners Eksistens, for Livsevnens Bevarelse overhovedet. Overmaade mange Organismer kan taale at afkøles langt under de Temperaturer, ved hvilke Livsfunktionerne gaar i Staa, uden at dette tilsyneladende vil have svækket disse, naar Temperaturen igen naar over Minimum. Ja, for mange levende Væseners Eksistens synes der overhovedet ikke at eksistere noget absolut Minimum. Og ligeledes kan en Del, men dog langt færre, Dyr og Planter taale Temperaturer, der ligger betydeligt over Livsfunktionernes Maksimum, navnlig naar de befinder sig i en stærkt indtørret Tilstand, og de i det hele har Evne til at taale Indtørring. Men det absolute Maksimum ligger dog næppe for noget levende Væsen højere end 150°, op imod hvilken Temperatur man i kort Tid har kunnet bringe Bakteriesporer og Hjuldyr uden at dræbe dem. Her indtræder nemlig Tiden tillige som en vigtig Faktor, idet det er en almindelig Lov, at jo højere Temperaturen er, i des kortere Tid kan den taales. Naar der saaledes er en bestemt øvre Temperaturgrænse for Livets Bestaaen, saa hænger dette sammen med, at der ved denne indtræder saadanne kemiske Processer (Forkulning, Forbrænding), at det levende Stof forandres og ødelægges for bestandig.

Der bliver da i det følgende at undersøge, dels indenfor hvilke Temperaturgrænser Livet kan udfolde sig, eller hvilke Krav til Temperaturen der stilles for de forskellige Livsytringer, dels hvorledes Temperaturer, der gaar ud herover, de ekstreme — lave og

[1]) Om de varmblodige Dyrs særlige Forhold vil der senere blive Tale (se S. 130—131).

høje — Varmegrader, paavirker Organismen, og hvorledes denne bliver i Stand til at værge sig imod dem. Vi skal nu se paa hver Ting for sig.

De almindelige Temperaturkrav.

Naar det i Almindelighed kun er indenfor saa snævre Temperaturgrænser som mellem c. 0° og 40°—45°, at Livsprocesserne kan holdes i Gang, saa hænger dette bl. a. sammen med, at Protoplasmaet i den levende Celle ved disse Yderpunkter undergaar rent fysiske Forandringer, som maa træde hindrende i Vejen for dets Virksomhed. Æggehvidestofferne, der udgør en saa væsentlig Bestanddel af det, har nemlig den Egenskab, at de, rent bortset fra Frysningsfænomener, kan løbe sammen, koagulere, saavel ved lavere som ved højere Temperaturer, og dette er en Proces, der langsomt kan begynde at foregaa ved ovennævnte Grænser. Da Æggehvidestofferne ikke er de samme i alle levende Celler, og da Koagulationsfænomenerne for en Del er afhængige af Tilstedeværelsen af andre Stoffer, og det vel maa antages, at alle mellemliggende Temperaturer medfører forskellige Tilstandsformer i Protoplasmaet, har vi heri et lille Bidrag til Forstaaelsen af Temperaturens ejendommelige Indvirkning paa Livsprocesserne.

Forøvrigt findes der jo en Gruppe Organismer, de varmblodige Hvirveldyr, hos hvilke de Grænser, indenfor hvilke deres normale Funktioner kan forløbe, er endnu meget snævrere end de nævnte, idet disse Dyr holder en ret konstant Egenvarme. Denne ligger i Reglen noget højere for Fugle (omkring 40° og derover) end for Pattedyr; for Menneskets Vedkommende som bekendt ved 37°, der er Blodets normale Temperatur. Og Forholdet er jo dette, at hvis Temperaturen svinger blot en Grad eller to under eller over den for hvert Individ specifike Normaltemperatur, er dette et Tegn paa sygelige Tilstande, der for de højere Temperaturers Vedkommende betegnes ved Feber. En Feber paa omkring 40° er saaledes i høj Grad faretruende for et Menneskes Liv, og 41°—42°, der vel er Maksimum for, hvad et Menneske overhovedet kan taale, vil i Reglen i Løbet af ganske kort Tid have Døden i Følge.

Men paa den anden Side er netop de varmblodige Dyr for saa vidt mere uafhængige af Omgivelsernes Temperatur end de andre levende Væsener, som de, naar andre nødvendige Livskrav er op-

fyldte, efter deres Behov kan producere Varme eller modvirke Legemets Opvarmning fra den omgivende Luft ved at iværksætte en Fordampningsproces, Transpirationen, med stor Intensitet, hvorunder der forbruges netop saa megen Varme, at Legemstemperaturen holdes paa samme Punkt. Som Følge af denne Varmereguleringsevne kan flere af dem, f. Eks. Mennesket, naar det indretter sin Klædedragt derefter, leve saavel ved Jordens Poler som under Ækvators brændende Sol, paa hvilket sidste Sted Lufttemperaturen til Tider kan gaa langt over Blodtemperaturen (se senere), og Sæler, Hvaler, Søfugle o. m. a. varmblodige Dyr kan uden Fare i saa Henseende til Stadighed færdes i de kolde Polarhave.

De koldblodige Dyr og Planterne, der i Almindelighed antager en Legemstemperatur, der kun er lidet forskellig fra Omgivelsernes, er da ogsaa meget mere afhængige af disse, og de enkelte Arter bliver derved i Reglen langt mere begrænsede i deres Udbredelse. Idet vi senere kommer tilbage hertil, skal der kun gøres opmærksom paa, at saa store Dyregrupper som Krybdyr og Padder jo hovedsageligt er indskrænkede i deres Forekomst til de varmere Egne af Jorden, men at der forøvrigt selv indenfor samme snævrere Gruppe kan findes højst forskellig Plasticitet hos forskellige Arter, ligesom de varmblodige Dyr heller ikke altid er særligt udrustede til at taale al Slags Klima (som Moskusoksen, der kun forekommer i Polarlandene, eller de Mennesket nærstaaende Aber, hvis geografiske Udbredelse ikke gaar ret langt udenfor Troperne).

Imidlertid er jo den almindelige Livsudfoldelse et overordentlig sammensat Fænomen, bestaaende af en Række enkelte Livsfunktioner, der griber ind i og foregaar mere eller mindre uafhængige af hinanden. Denne deres relative Selvstændighed giver sig netop til Kende i deres Forhold til en ydre Faktor som Temperaturen, og et vigtigt Middel til Forstaaelsen af en Livsproces er det at følge dens Forløb under Variationer af en saadan enkelt Faktor. Men hvad man jævnligt anser for en særlig Livsytring, viser sig dog meget ofte at kunne opløses i og henføres til flere forskellige Enkeltvirksomheder, hvilket netop gælder saadanne Fænomener som Planternes Vækst, Spiring, Forplantning m. m., over hvis Afhængighed af Temperaturen der foreligger saa mange Undersøgelser. Hvor forskelligt Kardinalpunkterne for

Temperaturens Indflydelse paa Spiringen af forskellige Planter kan ligge, viser følgende Tal (efter DETMER):

	Minimum	Optimum	Maksimum
Have-Karse .	1,8°	21 °	28 °
Alm. Hør ..	1,8°	21 °	28 °
Skovfyr	7-8 °	27 °	34 °
Rød-El.....	7-8 °	24 °	36 °
Hvede	5 °	28,7°	42,5°
Majs	9,5°	33,7°	46,2°
Græskar ...	13,7°	33,7°	46,2°

Flere Planters Frø spirer dog ved endnu lavere Temperaturer, f. Eks. Gul Sennep, Alsike-Kløver og Foder-Lucerne mellem 0° og 1°, og de fleste Alpeplanter ved lignende Temperatur, i hvert Fald allerede ved + 2°, medens Frø af Planter, der stammer fra varmere Klimater som Agurk, Melon, Kakaotræet og flere først spirer ved Temperaturer over 16°. I Polarhavene kan man se yppig Vækst af Tangarter i Vand, hvis Temperatur holder sig omkring 0°, og disse Planter kan endogsaa uddanne deres Kønsorganer om Vinteren, naar Vandet kun er ÷ 1°. Flere Alpeplanter som *Soldanella* ser man bryde blomstrende frem gennem Sneen, medens andre fuldfører deres Udvikling i det iskolde Gletscher-Smeltevand.

Hvad Planternes Udvikling som Helhed angaar, saa har i Almindelighed de rent vegetative Funktioner, Ernæringsvirksomheden og Væksten, de videste Temperaturspillerum, medens Forplantningsfænomenerne ofte kun indtræffer ved de for Planten gunstigste Temperaturer. Og derfor stiller de ogsaa tit forskellige Krav til Temperaturen paa forskellige Stadier af Udviklingen. Den erfarne belgiske Gartner PYRNAERT angiver saaledes, at for Drivningen af Ferskentræet er følgende Temperaturer de gunstigste:

	Dag-Temp.	Nat-Temp.
I første Uge.....	9—10° C	5—7° C
I anden —	10—12° -	7—7° -
I tredje —	12—15° -	9—11° -
Indtil Blomstringen.....	15—18° -	11—14° -
Under —	8—12° -	6—10° -
Efter —	15—18° -	11—14° -
Under Udvikl. af Stenen.	12—15° -	9—11° -
Efter — » — .	16—19° -	12—15° -
I Modningsperioden	20—22° -	15—17° -

Paafaldende er her de lave Temperaturer, som under Blomstringen og, mens Stenen dannes, er de gunstigste, men tillige, hvorledes Kravene til højere Temperatur ellers stiger med Udviklingen — i Overensstemmelse med de Kaar, Planten som Regel er udsat for i Naturen. De anførte Tal gælder altsaa Optimum for det samlede bedst mulige Udbytte af Planten. Som et tilsvarende Eksempel fra Dyreriget kan anføres, at medens Frølarver ved 10,5° brugte 21 Dage til at slippe ud af Æggene og 235 til at fuldføre deres Forvandling, medgik der til disse Processer ved 15,5° kun henholdsvis 10 og 73 Dage.

Tog vi en enkelt Funktion for os, vilde vi i mange Tilfælde se, at dens øjeblikkelige Optimum vilde ligge betydeligt højere. F. Eks. vil den absolute Tilvækst af en Stængel eller Rod under en kortere Forsøgstid i Reglen vise sig at være størst pr. Tidsenhed ved Temperaturer mellem 25° og 35°; Kulsyreassimilation, Gæringsprocesser m. fl. vilde ogsaa have deres Optima der omkring; men over de 35°, undertiden før, vil der hurtig indtræde en Svækkelse, indtil Funktionen helt hører op ved det nogle faa Grader højere beliggende Maksimum (se Fig. 84).

En Særstilling mellem de fysiologiske Funktioners Afhængighed af Temperaturen indtager Aandedrættet[1]). Hos Planterne og de koldblodige Dyr stiger det nemlig meget hurtigt med Temperaturen, lige indtil Maksimum er naaet, hvor det pludseligt hører op, fordi Døden da indtræder, forudsat at der ikke under Opvarmningen er indtraadt en Udtørring, som Organismen er i Stand til at taale ved at gaa over i Dvaletilstand. Men hos de varmblodige Dyr forholder det sig lige omvendt. Her stiger Aandedrættet med faldende Temperatur og aftager med stigende, hvilket hænger sammen med Opretholdelsen af den konstante Egenvarme, fordi Varmeproduktionen er en Aandedrættet ledsagende Virksomhed. (At et af andre Aarsager fremkaldt livligt Aandedræt medfører en Temperaturforhøjelse i Organismen, f. Eks. i Blomsterstande eller hos Frøer i Parringstiden, er en Sag for sig.)

Interessant er det, at enkelte Funktioner, der strængt taget ikke er nødvendige for Opretholdelsen af Individets Liv, som f. Eks. Farvestof- og Sporedannelse eller Bevægelser hos Bakterier, ofte

---

[1]) Hvor der her og andetsteds tales om Aandedrættet, forstaas derved i Almindelighed Respirationen eller Aandedrætsprocessen som Helhed, ikke just Aandedrætsbevægelserne, der jo ikke kan paavises hos Planterne.

kun finder Sted indenfor meget snævre, relativt højt beliggende, Temperaturgrænser.

Endelig skal det bemærkes, at hele Udviklingen hos mange Snyltere i varmblodige Dyr, som Bændelorm, Trikiner, Tuberkel- og Difteribakterier m. fl., overhovedet kun finder Sted ved Temperaturer, der ligger meget nær ved Værtorganismens Blodtemperatur, hvorfor disse Væsener maa holdes ved kunstig Varme (i Thermostater paa 35°—38°), hvis man vil holde dem i Live eller »dyrke« dem udenfor Organismen.

Det er her aabenbart Tilpasningen til de særlig gunstige Livskaar, der har gjort disse Væsener saa sarte overfor Temperatursvingninger. Og det samme er Tilfældet med en Mængde frit levende Dyr og Planter, der har deres Hjemsted i saadanne Tropeegne, hvor Temperaturen hele Aaret rundt er høj, og hvor der ikke er stor Forskel hverken paa Middeltemperaturen i Aarets koldeste og varmeste Maaned eller paa de absolut højeste og laveste Varmegrader, der overhovedet kan noteres. Skal saadanne Væsener bringes til at leve under andre klimatiske Forhold, med større Svingninger i Temperaturen, maa de, hvis det i det hele taget lader sig gøre, langsomt vænnes dertil, akklimatiseres. Men dette kan ofte tage flere Generationer (i Forbindelse med et Udvalg af særlige Typer) eller medføre gennemgribende Ændringer i Organismens Livsførelse. Saaledes kan Planter fra sydligere Klimater vel ofte bringes til at vokse under nordligere Breddegrader, men de kan da enten her blot blive til Buske og Halvbuske, mens de i deres Hjemsted var Træer, eller de kan vegetere yppigt, men helt undlade at sætte Blomster og Frø og da maaske gaa over til en rent vegetativ Formeringsmaade, som det er Tilfældet med mange Planter i Færøernes Flora, der stammer fra mildere Klimater. Omvendt kan f. Eks. Hunde og Faareracer tilpasses fra koldere til varmere Egne, idet de da helt forandrer deres Haarbeklædning. Og en bekendt Sag er det ogsaa, at vore Æble- og Pæretræer vel trives overordentlig frodigt i Middelhavslandene, men de bærer i Almindelighed ingen eller kun lidet værdifulde Frugter der. —

Varmeelskende, thermofile, Organismer. En ganske mærkelig Stilling med Hensyn til deres Temperaturkrav indtager flere lavere Dyr og Planter, der slet ikke trives ved de for andre Organismer gunstigste Varmegrader, men først ved saadanne, der er dødelige for de fleste af disse. I varme Kilder paa Ischia fandt

Ehrenberg Alger (Oscillarier), Radiolarier og Infusorier i fuld Aktivitet, skønt Vandet holdt en Temperatur af 81°—85°. I Yellowstone-Parken i Nordamerika skal der leve Alger i varme Kilder paa 90° og derover, paa Island endogsaa i Vand paa 98° (?). Og selv saa højt udviklede Væsener som Fluelarver (Stratiomys) har man fundet i Kilder paa 68°, Anguillulider i Vand paa 81° og en blomstrende Ipomæa i Strandsand paa Loangokysten (i Afrika), hvor Temperaturen i Jordbunden, naar Solen staar højt paa Himmelen, naar op til 69°.

Maatte en Del af disse Angivelser nu ogsaa være usikre, saa har man i hvert Fald indgaaende studeret en Række Bakterier, hørende til forskellige Grupper, der har deres Minimumstemperatur for Vækst ved 40°—50°, deres Optimum mellem 50° og 70°, og af hvilke nogle er i Stand til at vokse helt op imod 80°. Og mærkeligt er det, at disse Bakterier forekommer ret udbredte i Naturen: i Gødning, i gærende Tobak, i fugtigt Hø og Halm, hvor de kan medvirke ved Selvantændelsesfænomener, i Mælk eller fritlevende i Jordbunden; selv oppe paa Norges Fjælde har man fundet disse Væsener, der da maa være overordentlig modstandsdygtige mod Temperatursvingninger og kun kan finde Betingelser for deres Udvikling, naar Solen om Sommeren ved direkte Bestraaling under gunstige Vinkler for Solstraalerne bringer en mørkt farvet humusrig Jord op til de mærkværdig høje Temperaturer.

Man maa formode, at disse thermofile Organismer har en ganske særegen Plasmastruktur, i hvilken der ikke sker saadanne Koagulationsfænomener, som før er omtalte, maaske fordi Protoplasmaet normalt er mere vandfattigt end hos andre levende Væsener. Men der er forøvrigt meget gaadefuldt i disse Væseners Eksistens. —

Noget hertil modsvarende er maaske, at man har ment at have iagttaget Kulsyreassimilation hos Rødgran, Enebær og en Lavart (*Evernia prunastri*) ved en saa lav Temperatur som ÷ 40°, ved hvilken i Almindelighed al Livsvirksomhed skulde være standset, fordi Planterne da er stivfrosne. Ogsaa her maatte der forudsættes en særlig Protoplasmastruktur, hvis Angivelsen i det hele taget er rigtig. Men der er dog hertil at bemærke, at den paagældende Funktion ikke har sit Optimum under 0° — tværtimod langt over, for Rødgran f. Eks. ved 35° — saa Eksemplet kun viser, hvor langt man kan komme ned i Temperaturen, uden at Livsmaskineriet gaar helt i Staa.

Modstandskraft mod lave og høje Temperaturer.

Om Organismerne kan taale, at deres Legeme eller Dele af det afkøles eller opvarmes til Temperaturer, der ligger ud over dem, ved hvilke Livsmaskineriet helt eller delvis kan holdes i Gang, beror ofte paa rent individuelle Ejendommeligheder, hvorfor systematisk nærstaaende Former kan udvise store Forskelligheder i saa Henseende. Men der er dog visse Grupper af Dyr og Planter, hos hvilke man paa Forhaand kan vente at finde større Modstandskraft end hos andre. Som allerede tidligere paapeget, indtager de varmblodige Dyr en Særstilling baade overfor høje og lave Temperaturer i Omgivelserne, fordi de ved særlig Regulering af deres Livsvirksomhed er i Stand til at holde deres Legemstemperatur konstant selv under meget vekslende ydre Varmeforhold. Men paa den anden Side taaler de saa ogsaa mindre end andre Organismer Svingninger i selve deres Legemstemperatur. – Af de koldblodige Dyr og Planterne viser nogle en overordentlig stor Modstandskraft mod særlig lave og undertiden ogsaa forholdsvis høje Temperaturer, men andre, der er tilpassede til Klimater og Omgivelser, hvor der er stor Ensartethed i Døgnets og Aarets Varmegrader, kan være meget følsomme mod større Svingninger heri (f. Eks. Krybdyr, Padder, mange Insekter og Planter fra Troperne og Havets Flora og Fauna, hvad enten det gælder de Organismer. der optræder i konstant koldt eller i noget varmere Vand[1])).

I deres Virkninger er lave og høje Temperaturer udpræget forskellige, og derfor vil vi behandle dem hver for sig. Og i hvilken Grad de levende Væsener kan taale store og hurtige Svingninger i Temperaturen, er igen et særligt Spørgsmaal, som dog snart berører det ene, snart det andet af de nævnte mest.

Lave Temperaturer. Ser vi bort fra de varmblodige Dyr, er der, som nævnt, mange Organismer, der bliver syge og dør, naar de udsættes for Temperaturer, der gaar nogle Grader under dem, ved hvilke de er vante til at leve, selv om de endnu ligger flere Grader over Vandets Frysepunkt. Deres Legeme svækkes af en

---

[1]) Saaledes vil f. Eks. Dybhavsfisk, der trækkes op fra Atlanterhavets kun 3° varme Bundvand, i Reglen dø, mens de passerer de øvre, varmere, Vandlag, medens Dyr fra Middelhavets 13° varme Bundvand kan tages levende op,

eller anden Grund, der indtræder sygelige Tilstande (Forkølelse o. l.), som efter Graden af Afkøling vel i nogle Tilfælde igen kan helbredes, men ogsaa ofte ender med Døden paa Grund af Stofskifteforstyrrelsr eller Indtrængen af Snyltere, der faar Bugt med de ved Kulden svækkede Væv. Slige Svækkelses(Forkølelses)tilstande kan man ikke alene træffe hos Dyr, men ogsaa hos mange Planter, der af en forbigaaende kold Luftstrømning, f. Eks. ved at flyttes fra et Væksthus over i et andet, kan tage varig Skade eller dø. Flere tropiske Planter dør saaledes ved at udsættes for Temperaturer paa + 2° til + 5°. Og Forklaringen herpaa maa vel søges i saadanne Stofskifteforstyrrelser, der bryder den Harmoni mellem Livsfunktionerne, som er en nødvendig Betingelse for en normal Udvikling. Muligvis dannes der under saadanne Forhold ogsaa nogle for Planten giftige Stoffer.

For andre Organismers Vedkommende ligger det afgørende for Kuldens Indvirkning paa dem deri, om Vævene fryser eller ej. Dette sker i Regelen først ved Temperaturer, der ligger lidt lavere end det rene Vands Frysepunkt, fordi Cellerne indeholder en Del Salte og andre opløste Stoffer, der netop har den Virkning at nedsætte Frysepunktet. Dette ligger for Safterne i en Kartoffelknold saaledes ved ÷ 1° til ÷ 1,6°, i et Æble eller en Pære ved ÷ 1,4 til ÷ 1,9°, i en Vindrue ved ÷ 3,1°, i Løvblade af alm. Bønne ved ÷ 0,8° til ÷ 1,1°, men de paagældende Organer kan endda i Reglen taale at afkøles til endnu lavere Temperaturer (ved saakaldet Underafkøling), før Isdannelsen begynder; er denne først begyndt, sker den ogsaa meget pludselig, medens samtidig Temperaturen stiger til Frysepunktet. De her nævnte Plantedele tilligemed f. Eks. Sukkerroer og andre Rodfrugter dør nu, saa snart det kommer til Isdannelse, men indtræder denne ikke, selv hvor Temperaturen ved Underafkøling er kommen under deres Frysepunkt, overlever de i Reglen en saadan Afkøling.

Endnu en Gruppe Organismer taaler at stivfryse og at afkøles mere eller mindre under deres Frysepunkt, men der synes dog for hver enkelt af dem at være en bestemt nedre Grænse for Temperaturen, ved hvilken Livet udslukkes. Raoult Pictet (1893) udsatte f. Eks. for lave Lufttemperaturer forskellige Dyr og fandt, at nogle Fisk kunde taale at stivfryse ved ÷ 15° saa vidt, at de tilsvarende Dyr lod sig knuse til et Pulver; men ellers kunde de ved Optøning leve op paany; blev de derimod afkølede til ÷ 20°, døde de. Frøer taalte i hans Forsøg ÷ 28°, Tusindben ÷ 50°,

Snegle ÷ 120° uden at sætte Livet til, og i alle disse Tilfælde var dog Protoplasmaet i Cellerne stivfrossent. Hjuldyr, der ikke tog Skade ved i 24 Timer at holdes paa ÷ 60°, gik for Størstedelen til Grunde ved lige saa lang Tids Afkøling til ÷ 80° til ÷ 90°, og ved ÷ 150° til ÷ 160° døde de alle. — Det er jo ogsaa en bekendt Sag, at mange Træer vel taaler at stivfryse, men i en særlig haard Vinter gaar dog en Del, f. Eks. Frugttræer, til Grunde. Og mange urteagtige, stedsegrønne Planter forholder sig som Træerne.

I mange Tilfælde synes det, og har man ogsaa tidligere ment, at det ikke var Kulden og Frysningen, der i og for sig medførte Fare for de paagældende Organismer, men derimod Optøningen. For at faa stivfrosne Frøer til at »leve op paany« skal man ikke straks bringe dem i for varmt Vand, men langsomt lade Temperaturen stige, og det er ogsaa lykkedes at redde Æbler, Pærer og andre Plantedele fra Frysningsdøden ved en meget langsom Optøning. Man har, som vi senere skal komme tilbage til, ogsaa ment, at det var den for hurtige Optøning i Foraarssolen, der slaar Roser og andre Planter ihjel mod Slutningen af den kolde Periode. Men i de fleste Tilfælde har det vist sig, at denne Antagelse er forkert, og at de Organismer, der kan taale at fryse, ikke lader sig paavirke af en hurtig Optøning. En saadan finder ogsaa meget ofte Sted i Naturen, særlig i Bjærgegnene. Her kan Temperaturen i Skyggen være saa mange Grader under Nul, at alle urteagtige Planter stivfryser, men bryder Solen pludselig igennem, kan den hurtigt stige mange Grader over Nul og faa de frosne Plantesafter til at smelte.

Men endelig synes det, som enkelte Organismer er i Stand til at taale de laveste Varmegrader, man overhovedet kender, de, ved hvilke Luftarter kan holdes flydende, og dette vil for Brintens Vedkommende sige c. ÷ 260°, Efter en Række Forsøg, der er anstillede af flere forskellige Forskere, kan mange Bakterier, Svampesporer og tørre Plantefrø taale at afkøles til Temperaturer mellem ÷ 200° og ÷ 250° uden at skades derved. Og naar flere Træer eller urteagtige, stedsegrønne Planter ved Jordens Kuldepol (omkring Jakutsk i Sibirien) kan være stivfosne 6 Maaneder igennem ved Temperaturer mellem ÷ 30° og ÷ 60°[1]),

[1]) En lille Plante, *Cochlearia fenestrata*, som KJELLMAN fandt i saadanne Egne, overvintrede endogsaa i blomstrende Tilstand.

saa maa disse vist ogsaa med Rette henregnes til den Kategori af levende Væsener, hvem Kulden som saadan ikke kan gøre det af med.

Hos disse særlig kolde Egnes Planter finder man end ikke noget ydre Beskyttelsesmiddel mod Kulden. Hvad de har af den Art, er deres Protoplasmas utrolige Modstandskraft overfor de lave Temperaturer, og hvorpaa denne beror, derom ved vi foreløbig intet. Men i flere andre Tilfælde har man kunnet paapege direkte Beskyttelsesmidler mod Kulden. Det er saaledes for nylig vist af den svenske Botaniker Bengt Lidforss, at naar vore stedsegrønne Planter taaler den nordiske Vinters Kulde, hænger dette sammen med deres Indhold af Sukker i Cellerne, idet, som han har paavist ved Forsøg med Æggehvideopløsninger, en Tilsætning af Sukker forskyder nedad den Temperatur, ved hvilken Æggehvidestofferne — og da ogsaa Protoplasmaets — løber sammen. Og Planter, der ellers er overordentlig følsomme for Afkøling, kan hærdes derimod, naar de i Forvejen har været hensatte i en Sukkeropløsning og har optaget en Del deraf i deres Celler. Herved kan ogsaa Foraarsfrostens ødelæggende Virkning paa mange Planter forklares. Med den stigende Temperatur i Foraarsmaanederne bliver Planternes Beholdning af Sukker ofte for en stor Del omdannet til Stivelse, og de mister derved deres Beskyttelsesmiddel mod Nattefrosten.

At Polardyrene er beskyttede mod Kulden ved deres tykke Pels eller et tykt Fedtlag (Spæk) under Huden, er en saa bekendt Sag, at det blot behøver lige at nævnes. Og hvorledes en Mængde Planter i deres Voksemaade, i Knopdække o. l. har Beskyttelsesmidler mod Kuldens indirekte skadelige Virkninger navnlig mod Udtørring, vil vi senere vende tilbage til.

Endnu skal kun tilføjes, at man staar uforstaaende overfor det Faktum, at Kulde virker saa forskelligt paa forskellige Organismer, og at man er ret uenig om, hvorledes Kuldedøden egentlig skal forklares, naar den først indtræder ved Temperaturer langt under Frysepunktet. Nogle mener, at det er den ved Isdannelsen fremkaldte Udtørring af Protoplasmaet, der er det egentlig farlige ved Kuldens Virkning, fordi Organismen ikke taaler Udtørring som saadan. Men i nogle Tilfælde ser vi f. Eks., at Planter godt kan taale at fryse, skønt de er meget ømtaalelige overfor Udtørring. I selve Udtørringen synes Organismerne, for saa vidt de taaler denne, at have et Beskyttelsesmiddel mod forskellige skade-

lige Paavirkninger. I hvilken Grad den modvirker Isdannelsens farlige Indflydelse er jo umiddelbart indlysende, men dette kan dog ikke alene være Forklaringen paa de udtørrede Organismers Modstandskraft overfor lave Temperaturer. Spørgsmaalet om Kuldedøden er derfor ret indviklet og maa sandsynligvis besvares forskelligt for de forskellige Organismers Vedkommende.

Men som sikkert virkende, dræbende Middel, f. Eks. overfor Mikroorganismer, er Kulden ikke stort bevendt. Den kan vel standse Livsprocesserne og derved virke konserverende, men saa snart den afløses af højere Temperaturer, vaagner Bakterier o. l. op paany og fortsætter med usvækket Kraft deres Livsvirksomhed. At sterilisere, d. v. s. dræbe alle Smaakim af Bakterier, Svampe osv., ved Kulde lader sig derfor ikke gøre. Men hertil har vi i de høje Temperaturer et hurtigt og sikkert virkende Middel.

Høje Temperaturer. I langt højere Grad end ved de lave Temperaturer spiller Vandholdigheden ind i Organismernes Modstandskraft overfor højere Varmegrader end dem, ved hvilke de almindelige Livsfunktioner foregaa , saaledes at jo større Vandindholdet er, des større Fare bliver der for Livet. Og ganske tilsvarende bliver Forholdet, om man anvender «tør« eller »fugtig Varme«, d. v. s. opvarmet Luft eller varme vandige Væsker og Dampe, der under Opvarmningen henholdsvis udtørrer eller forøger Vandholdigheden i den levende Organisme.

De allerfleste levende Celler, der i vandholdig, livsvirksom Tilstand udsættes for hurtigt stigende Temperaturer, dør allerede, naar de i nogle Timer eller mindre udsættes for c. 50° Varme.

I en Række Forsøg, som O. Bütschli anstillede for at undersøge Temperaturens Indflydelse paa Aandedrættet hos Kakerlakker, angiver han, ligesom Hugo Schulz, der i samme Øjemed eksperimenterede med Frøer, at disse Dyr allerede ved 33°—35° C døde efter ganske kort Tids Forløb, Frøerne efter forudgaaende Krampeanfald. Under de paagældende Forsøg var Dyrene udsatte for Opvarmning gennem Luften, men de antog i deres Legeme hurtigt Luftens Temperatur, saa at Forskellen for Frøernes Vedkommende, hvis Legemstemperatur direkte kunde maales, kun androg i det højeste 1° (lavest for Legemstemperaturen). — At andre koldblodige Dyr, som Slanger og Firben, der netop ynder solbeskinnede Steder, i nogen Tid kan taale adskilligt højere Temperatur, er utvivlsomt, og der foreligger ogsaa Iagttagelser for, at Temperaturen i Safterne af Ørkenplanter eller Planter, der vokser

Kalkbjærge eller højt tilvejrs i tynd Luft, hvor Sollyset virker særlig kraftigt, kan naa op imod 60° paa de varmeste Tider af Dagen, uden at Planterne derfor dør. Men disse Tilfælde maa regnes til Undtagelserne.

Selv Bakterier, der dog ellers er kendte for deres store Modstandskraft mod skadelige ydre Forhold, kan være overordentlig følsomme overfor Temperaturer, der ikke kan kaldes høje. Dette gælder bl. a, de Former, der ikke i Evnen til at danne Sporer har et særligt Beskyttelsesmiddel mod ugunstige Livskaar, bl. a. saa farlige og frygtede Former som Tuberkel-, Difteri-, Tyfus-, Kolerabakterier m. fl. Og jo højere Temperatur der anvendes, des hurtigere virker den dræbende. Saaledes vil f. Eks. Tuberkelbakterierne ved 60° dræbes i Løbet af 20 Minutter, ved 70° allerede efter 5 Minutter, og de allerfleste af den Slags (ɔ: sporefrie) Bakterier vil derfor være sikkert dræbte ved en blot øjeblikkelig Opvarmning til 80°, fordi det altid tager dog nogen Tid at faa Temperaturen op paa dette Punkt og at faa den til at synke igen til ellers ufarlige Varmegrader.

En efter Forholdene afpasset Opvarmning til Temperaturer under Kogepunktet, i Praksis mellem 60° og 90°, der tilsigter at dræbe Bakterier og andre lignende Mikrober, kaldes Pasteurisation, efter Louis Pasteur, der først anvendte denne Metode til at gøre Vin holdbar, uden at den ellers derved mistede sine øvrige værdifulde Egenskaber (Buket o. l.). Og denne Proces har jo, som bekendt, faaet en overordentlig udstrakt og betydningsfuld Anvendelse i det daglige Liv til Konservering af Føde- og Nydelsesmidler og til Sikring mod Smittefare særlig gennem Mælk. En fuldstændig Udryddelse af alle Kim, en Sterilisation, naaes dog i Almindelighed ikke herved; hvis dette tilstræbes, maa man ofte pasteurisere flere Gange, f. Eks. i 3 paa hinanden følgende Dage (saakaldet brudt Sterilisation), idet de Sporer, der, som vi skal se, godt kan overleve en forbigaaende Opvarmning til Kogning, mellem flere paa hinanden følgende Pasteurisationer vil vokse ud til almindelige vegetative Celler og da ikke naa paany at faa dannet Sporer, inden næste Opvarmning finder Sted. Paa denne Maade kan man altsaa virkelig sterilisere Fødemidler, Næringssubstrater o. lign., der muligvis ikke taaler at blive udsatte for alt for høj Varme.

Men vil man være sikker paa ved en enkelt Opvarmning at dræbe alt levende, navnlig Bakteriesporer (og saadanne dannes af

mange Former, som Miltbrand- og Stivkrampebakterierne, Smørsyre-, Høbakterierne, mange Forraadnelsesbakterier m. fl.), saa maa man, hvis det drejer sig om Vædsker, ikke alene opvarme til Kogning — ti nogle Sporer modstaar 100° endog i timevis —, men til adskillige Grader over Kogepunktet, til 115°—120° i 1/4—1/2 Time, hvilket kun kan ske ved Kogning under Tryk, i en saakaldet Autoklave eller Papins Gryde. Mange Ting, f. Eks. Fødemidler som Mælk o. a., taaler ikke en saa høj Temperatur uden at miste en Del af deres Næringsværdi, Velsmag eller andre værdifulde Egenskaber. Og dog har denne Proces, der altsaa er en virkelig Sterilisation eller en fuldstændig Udryddelse af alt levende, der udsættes for den, en overordentlig stor Betydning i det praktiske Liv, til Desinfektion eller under Tilberedning af Næringssubstrater for Mikroorganismer, som man vil dyrke i Renkultur.

Overfor »tør« Varme er Organismernes Modstandskraft, som nævnt, ofte en langt større. Dette gælder i Almindelighed alle de Organismer eller Organer, der i det hele taget taaler at udtørre. Men den Maade, hvorpaa de udtørres, griber da igen ind i deres Modstandskraft. En for hurtig Udtørring, som bl. a. en pludselig Udsættelse for en relativt høj Temperatur kan fremkalde, vil i og for sig dræbe nogle, der ved langsom Udtørring ogsaa erhverver sig stor Modstandskraft mod forholdsvis høje Temperaturer. Medens f. Eks. de fleste Plantefrø dør (mister deres Spireevne), naar de i en Timestid eller mindre udsættes for c. 50° fugtig Varme, vil de næsten alle kunne taale op imod 100°, naar de udsættes for en »tør« Varme, der kun langsomt (i Løbet af nogle Dage) stiger op imod dette Punkt og da samtidig bringer deres Vandindhold meget langt ned. Og det samme er Tilfældet med de allerfleste Sporer af Svampe og Bakterier. Men disse sidste kan nu i Reglen tillige taale endnu langt højere Temperaturer af »tør« Varme. Vil man derfor være sikker paa at faa dem alle dræbte ved Anvendelsen af en saadan, maa man opvarme til 150°—160° i c. 1—2 Timer — en Fremgangsmaade, der ogsaa anvendes til Desinfektion eller Sterilisation af saadanne Genstande, der overhovedet taaler denne høje Temperatur. —

Af de her nævnte Eksempler vil det ses, hvorledes ogsaa ved de høje Temperaturer hurtige Svingninger i denne har deres særegne Virkning, men at denne igen er et ret sammensat Fænomen. Da Temperaturen jo virker forskelligt paa de enkelte

Livsytringer, bliver det Sammenspil mellem disse, hvorpaa den samlede Livsudfoldelse beror, let forstyrret, saa Organismen maa have nogen Tid til at indstille sig paa de forandrede Livskaar.

Det er sikket ud fra saadanne Forstyrrelser i Livsmaskineriets Funktion, at Døden ved Varme ofte maa forklares. En enkelt vigtig Funktion som f. Eks. Aandedrættet bliver altfor livlig, medfører for stort Tab af Stof, og andre Virksomheder, f. Eks. andre Stofskifteprocesser, der skal forsyne Organismen med Aandedrætsmateriale, kan da ikke holde Skridt med den. Man kunde maaske her til en Slags Forklaring bruge det Billede, at Maskinen løber varm, samtidig med at det almindelige Brændsel slipper op, saa den fortsatte Vedligeholdelse af Driften kommer til at gaa ud over Dele, der ellers skulde besørge helt andre, vigtige Opgaver.

Ved Siden heraf kan man i mange Tilfælde simpelt forklare Varmedøden ved saadanne fysiske Forandringer i Protoplasmaet som Koagulation, der, som nævnt, for visse Æggehvidestoffers Vedkommende kan begynde at indtræde allerede ved en Temperatur omkring 40°. Men dette Fænomen beror heller ikke alene paa Æggehvidestoffernes Art, men ogsaa paa deres Indblanding af andre Stoffer, hvor navnlig Cellens Vandholdighed faar saa afgørende en Betydning. De thermofile Organismer har antageligt i denne Henseende en ganske særegen Plasmastruktur, og naar Sporer og tørre Frø kan taale saa høj en Varme, kan dette forklares dels ud fra Cellernes oprindelige Vandfattigdom, dels ud fra det Faktum, at deres Cellevægge kun meget langsomt tillader Vand at trænge ind udefra (jfr. her de Bakteriesporer, der kan taale Kogning).

3. Lys og andre Straaler. Elektricitet.

Lys og Liv — at der er en Forbindelse mellem disse to Begreber, vil en umiddelbar Betragtning af Naturen paa mangfoldige Maader minde os om, saa det synes at være mere end en Tilfældighed, at de to Ord i vort Sprog danner et smukt Bogstavrim og dækker hinanden i en Mængde billedlige Udtryk og dagligdags Talemaader. Blot den Fanfare, hvormed Solens Opgang paa en Sommermorgen hilses fra Tusinder af Sangfugles Struber, og den Stilhed og Ro, den indtræder i Naturen, saa snart den røde Aftensol igen er forsvunden under Horizonten, er talende Vidnesbyrd om Lysets Forhold til det levende. Og det er ikke alene de

Væsener, der gennem særlige Sanseorganer drager Nytte af Lyset som et Middel til at orientere sig og begynde deres Jagt efter Føde, hvem dette vækker af Nattens Hvile, men ogsaa de stumme, ubevægelige Planter hilser paa deres Vis den gryende Dag og begynder en Virksomhed, der var indstillet i de mørke Nattetimer. Blomster aabner sig og lokker ved deres Farvepragt og Duft de Insekter, af hvem deres Bestøvning afhænger, til sig, Blade udfolder sig og følger opmærksomt Solens »Gang« ved at stille deres Flader i en bestemt Vinkel mod dens Straaler for at indsuge den Drivkraft. der skal holde deres for alt levende saa betydningsfuide Ernæringsarbejde i Gang. Og de Dage, Solen ikke kan skinne gennem de mørke Skyer, er der ingen Jubel, ingen Travlhed, men en tavs og tyngende Sorg lægger en Dæmper paa alle lyselskende Skabninger.

Og selve Mennesket — hvor afhængigt er det ikke af Lyset! Hvor kan ikke Natten eller en graa, solløs Dag virke knugende paa Sindet, medens en Solstraale, der pludselig bryder frem gennem Skyerne, virker befriende, og man først trækker Vejret helt dybt og let, naar Himlen er lys og klar. Hvor glæder vi os ikke, naar Dagene længes, og vi gaar Sommeren i Møde, ja, hvor kan ikke blot Maanens blege Lys eller Stjernernes svage Funklen kalde Lystfornemmelser frem i vor Sjæl, medens Skyggen og Mørket for os er Symboler paa Sorgen, Ulykken og Døden!

Men er nu slige Betragtninger andet end Udslag af en digterisk Fantasi? Har disse Billeder noget med Videnskab, med Biologi, at gøre? — vil maaske en og anden nøgtern Sjæl bemærke. Eller med andre Ord: kan vi virkelig gøre Rede for en Aarsagsforbindelse mellem Lyset og Livet? Ti Videnskaben kan dog ikke lade sig nøje med, hvad der bygges paa Følelser og Formodninger — hvor vigtige disse end kan være som Ledetraad ved videnskabelige Undersøgelser —, men den maa fordre det kolde, klare Bevis, bygget paa den strænge Logik og en indgaaende Analyse. Den maa saa langt til Bunds i Spørgsmaalet, som det er muligt at naa, og den begynder derfor ganske kynisk at spørge: hvad er Lys, og hvad er Liv, og hvorledes staar de to Ting i Forhold til hinanden? — uden Respekt for, hvad den umiddelbare Menneskesjæl finder naturligt og selvindlysende, uden Hensyn til, om et eller andet skønt Billede skulde briste, eller et sprogligt Udtryk blive meningsløst og selvmodsigende derved.

Disse Spørgsmaal skulde det være de følgende Siders Opgave at udrede — saa vidt som vi hidtil er komne i Forstaaelsen heraf. Men det skal saa ogsaa straks hævdes, at naar Videnskaben har analyseret og stillet de isolerede Enkeltheder af dette store Problem hver paa deres Plads, saa har den ogsaa Lov og Ret, ja, ligefrem Pligt til at bygge op igen og enten give os nye, sandere Billeder eller muligvis et langt dybere og mere omfattende Blik paa Lysets Betydning for Livet, saa vi derigennem først rigtig fatter, hvad der ligger bagved den oprindelige Opfattelse, vi havde, af en Sammenhæng paa dette Omraade.

Hos mange oplyste Mennesker hersker der rigtignok højst uklare Forestillinger om Lysets og andre Straalearters fysiske Egenskaber, saa det vist maa anses for formaalstjenligt at indlede dette Afsnit med nogle Bemærkninger

Om Lysets Natur og Straaleenergi i det hele taget.

Lys er en af de Former, under hvilken Naturkræfterne — Energien — giver sig til Kende for os. Det forplanter sig som Straaler, der udsendes fra visse materielle Legemer, er altsaa inderligt knyttet til Stof, skønt vi lige saa lidt her som ved andre Energiformer (Varme, Elektricitet, Bevægelse osv.) direkte kan paavise disses stoflige Karakter, men maa opfatte dem som Egenskaber, knyttede til Stoffer.

I Almindelighed forstaar man ved Lys kun de Straaleformer, der gennem vort Øje giver et bestemt Sanseindtryk, en Lysfornemmelse. Saadanne udsendes f. Eks. fra Solen, Stjernerne, mange forskellige glødende Legemer, visse fosforescerende Stoffer, en Del, navnlig lavere, Dyr og Planter, som nogle Dybhavsfisk, St. Hansorme, Svampe, Bakterier og de Smaaorganismer, hvem Havets Morild skyldes, m. fl. Men foruden disse findes der mange andre Straalearter, der ikke kan opfattes af vort Øje, skønt de udsendes fra de samme Straalekilder og maa antages at høre til samme Energiformer som de lysende Straaler. Sollyset indeholder en stor Mængde saadanne, mørke, Straaler; fra en varm, sort Kakkelovn udsendes de ogsaa, og man antager almindeligt, at visse elektriske Straaler høre til samme Kategori.

Som et Fællesmærke for alle egentlige Straaler gælder den Egenskab, at de i samme Medium forplanter sig efter

rette Linjer og altsaa ikke bøjer om Hjørner[1]). Hvor de derimod gaar fra et Legeme over i et andet, f. Eks. fra Luften ned i Vand, kan deres Retning meget vel forandres, ved saakaldet Brydning, og de forskellige Straalearter brydes da paa forskellig Maade, saa de spredes og derigennem kan opfattes hver for sig. Dette sker f. Eks., naar de lysende Straaler passerer et Glasprisme, hvorved de spredes i Straalearter af forskellige Farver (Regnbuens Farver) og danner, hvad vi kalder et Spektrum. I et saadant er Farverne altid ordnede i samme indbyrdes Stilling i Rækkefølgen: Rødt, Orange, Gult, Grønt, Blaat, Indigo og Violet (se Fig. 85, S. 149). Af disse brydes de violette Straaler stærkere end de røde i de fleste Stoffer, og de spredes ogsaa over et større Flademaal af Spektrets Skala. Alene dette, at disse Straaler gør et forskelligt Indtryk paa vor Synssans, tyder paa, at de maa være af forskellig Kvalitet. Det viser sig nu, at de mørke Straaler, der udgaar fra samme Kilder som de lysende, ogsaa i Spektret indtager en bestemt Stilling i Forhold til disse, saaledes at der udenfor de røde findes saakaldte ultrarøde, og udenfor de violette ultraviolette, der hver for sig kan analyseres i flere Straalegrupper med indbyrdes forskellige Egenskaber. I et almindeligt Solspektrum er det endogsaa den langt overvejende Del af Straalerne, der er usynlige for vort Øje, som det vil fremgaa af nedenstaaende Oversigt (se Side 147).

Naar vi her paa Jorden kan modtage det Lys, der udgaar fra Solen eller de endnu langt fjærnere Fiksstjerner, beror dette paa, at Lyset er i Stand til at bevæge sig. Dets Bevægelse er endogsaa overmaade hurtig, c. 300,000 Kilometer eller c. 40,000 Mile i Sekundet gennem det »tomme« Rum, eller det, vi kalder Æteren, skønt vi ikke ved noget bestemt om, hvad denne egentlig er for noget. Bevægelsen antages at foregaa ved Forplantning af Bølgesvingninger, paa Tværs af Bevægelsesretningen, idet hver Straaleart svinger i Bølger af en bestemt Bredde og Svingningstal saaledes,

[1]) Dette passer ogsaa paa de saakaldte Kathodestraaler, der udsendes fra den negative Pol (Kathoden) i et Røntgenapparat. De spredes dog i den atmosfæriske Luft ligesom almindelige Lysstraaler i Mælk og lader sig paavirke af et magnetisk Felt, som da forandrer deres Retning. Men da disse Straaler i det hele taget antages at være af materiel Natur (udslyngede Smaadele), og deres Hastighed er meget forskellig, men mindre end Lysets, kan de ligesom nogle af Radium'ets Straaler næppe regnes til samme Kategori som de immaterielle Straalearter.

at jo større Bølgebredde, des mindre Svingningstal. Ja, man har endogsaa Maal for disse Størrelser, og naar man med større Nøjagtighed vil opgive en bestemt Straalеart, anvendes netop disse Maal. Bølgebredderne angives i Milliontedele af en Millimeter, en Størrelse, der betegnes ved »Millimikron« eller 2 græske Bogstaver $\mu\mu$ (My), og Svingningstallet i Millioner eller Billioner Svingninger pr. Sekund.

For Røntgen- og Radiumstraalernes Vedkommende kender man endnu ikke saadanne Størrelser, og maaske er disse Straaler af en saadan Art, at der ikke kan angives nogen Bølgebredde eller noget Svingningstal for dem, men en stor Del andre Straaler af forskellig Kvalitet, f. Eks. de elektriske Straaler, der benyttes ved Telegrafering uden Traad, Sollysets Straalearter eller de, der udsendes fra opvarmede Metaller, har man kunnet indordne i et System efter Bølgebredde og Svingningstal. Disse Størrelser kan bestemmes med overordentlig stor Nøjagtighed, men det maa erindres, at Overgangen mellem de forskellige Farver i et Spektrum aldrig er skarp, saa man i mange Tilfælde kun kan sige, at en eller anden Farve grupperer sig om Straaler af den og den Bølgebredde. Og hvor det drejer sig om de for vort Øje synlige Straaler, maa der ogsaa tages Hensyn til, at ikke alle menneskelige Øjne kan opfange lige store Mængder af Spektrets Straalearter.

Idet der i nedenstaaende Tabel anføres nogle Eksempler paa maalte Bølgebredder og beregnede Svingningstal, kan man tænke sig, at alle mellemliggende Størrelser ogsaa eksisterer.

	Bølgebredde i $\mu\mu$	Svingninger pr. Sekund
Elektriske Straaler..... (ved traadløs Telegrafering)	100 Milliarder (= 100 Metre)	3 Millioner
Andre elektriske Straaler.....	50 Millioner (= 5 Ctm.)	6000 —
Yderste maalte ultrarøde Straaler (fra Auer-Lys)	61000	5 Billioner
Yderste ultrarøde Straaler i Solspektret	8000	38 —
Yderste synlige røde Straaler.....	c. 760	394 —
Rødt grupperer sig om Straaler paa	c. 670	450 —
Orange — — —	c. 600	500 —
Gult — — —	c. 550	550 —
Grønt — — —	c. 500	600 —

	Bølgebredde i $\mu\mu$	Svingninger pr. Sekund
Blaat grupperer sig om Straaler paa	c. 460	650 Billioner
Indigo — — —	c. 430	700 —
Violet — — —	c. 410	730 —
Yderste synlige violette Straaler ...	350	860 —
Yderste ultraviolette Straaler i Solspektret	250	1200 —
Yderste maalte ultraviolette Straaler	100	3000 —

Det er altsaa kun Straaler, hvis Bølgebredder svinger mellem c. 760 og 350 $\mu\mu$, der er synlige for et almindeligt menneskeligt Øje, og disse udgør kun en ringe Del af f. Eks. Sollysets samlede Straaler. Af de øvrige paavises de ultrarøde bedst ved de Varmevirkninger, de fremkalder, de ultraviolette ved en Række kemiske[1]) og biologiske Processer, som udløses ved dem. Derfor taler man tit om henholdsvis Varmestraaler (thermiske) og kemiske (aktiniske) Straaler, skønt alle andre Lysstraaler ogsaa har baade varmende og kemiske Egenskaber, og Maksimum for Sollysets Varmevirkning f. Eks. ligger i den gule Del af Spektret. Som vi senere skal se, har de ultraviolette Straaler en stor biologisk Interesse.

Foruden at Straalerne kan forandre deres Retning (brydes) ved Overgangen fra et Stof til et andet, kan de ogsaa i forskellig Grad svækkes ved at indsuges (absorberes). Og endelig kan de helt eller delvis kastes tilbage (reflekteres) fra Overfladen af de Genstande, de træffer, hvilket da sker efter den Lov, at Udfaldsvinklen er lige saa stor som Indfaldsvinklen, maalt fra Normalen, der er en Linje vinkelret paa Genstandens Overflade, samt at den indfaldende og tilbagekastede Straale ligger i samme Plan som Normalen.

Paa Absorption og Refleksion beror det Farveindtryk, som belyste Legemer giver. Medens alle Straaler i passende Blanding fremkalder den hvide Farve, vil en delvis Absorption eller Refleksion give visse Straaler Overvægten, saa de kommer til at bestemme Farveindtrykket. Naar derfor hvidt Lys har passeret et mere eller mindre gennemsigtigt Legeme og derefter opfanges af et saakaldet Spektroskop (ɔ: et Rør med en snæver Spalte, gennem hvilken Lyset kommer, og hvorefter Spalten betragtes gennem

[1]) Det er bl. a. paa saadanne kemiske Virkninger, den fotografiske Teknik er baseret.

et Prisme, som bryder og spreder Lysstraalerne), vil det ikke give et fuldstændigt (kontinuerligt) Spektrum, men visse Straalearter vil være svækkede eller forsvundne og derved fremkalde mørke Striber eller Baand i Spektret, saa dette bliver hvad man kalder et Absorptionsspektrum. Ja, selve Sollyset giver et saadant, naar det opfanges af vort Øje gennem et Spektroskop, ti udenom den glødende Solkugle findes en Mængde Stoffer (i dampformig Tilstand), der hver især indsuger bestemte Straalearter, hvilket giver sig til Kende som en stor Mængde mørke (Fraunhoferske) Linjer (Fig. 85). Og den Atmosfære, der omgiver Jorden, indsuger desuden en betydelig Mængde, især af blaa-violette, Straaler, saa

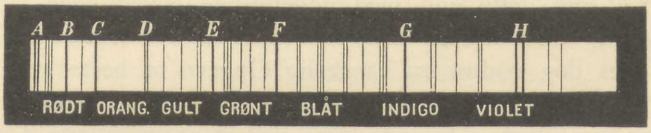


Fig. 85. Den synlige Del af Sollysets Spektrum. De mørke Striber er Fraunhoferske Linjer.

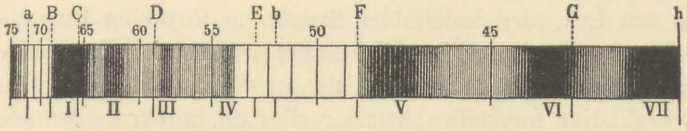


Fig. 86. Absorptionsspektrum af Bladgrønt (Klorofyl). Tallene (der skal multipliceres med 10) angiver Bølgebredderne, Bogstaverne Fraunhoferske Linjer. De mørkere Bælter er fremkomne ved Absorption af Lysstraaler.

Sollyset i større Højder (f. Eks. paa Bjærgene) er meget rigere paa disse end ved Havets Overflade. Medens forskellige hvidglødende Legemer, som f. Eks. Drummonds Kalklys eller Glødenet i Auerske Brændere, giver uafbrudte (kontinuerlige) Spektre med alle synlige Straaler repræsenterede, vil det samme Lys efter at have passeret f. Eks. farvede Glas eller Opløsninger vise Absorptionsspektre, der karakteriserer netop de Stoffer, der har fremkaldt Absorptionen. Saaledes giver f. Eks. Blodets røde og Planternes grønne Farvestof (Fig. 86) for dem ganske karakteristiske Spektre, og naar vi vil søge en Forklaring paa det mærkelige og vigtige Forhold, at Planterne netop ved Hjælp af deres Bladgrønt er i Stand til at udnytte den Energi, der udsendes fra Sollyset, saa maa vi nøje undersøge,

hvilke af dettes Straalearter det er, der indsuges, fordi vi mellem dem maa søge de i denne Forbindelse virksomme.

Det er nemlig saa, at Straaleenergien kan omsættes i flere andre Energiformer, i elektrisk, i thermisk (Varme), i kemisk, i mekanisk, i hvad man kunde kalde biologisk Energi (se S. 18) m. m. Men selvfølgelig vil den da i tilsvarende Grad forsvinde som specifik Lysenergi. Og det er af største baade praktisk og teoretisk Interesse at forfølge og maale disse Omsætninger.

Her møder der imidlertid Forskeren meget store Vanskeligheder. Da det betragtes som givet, at det kun er de Lysstraaler, der bliver absorberede, som omsættes, søger man om muligt at bestemme, hvor meget af Lysenergien der er forsvunden ad den Vej. Og om dette end med nogenlunde Nøjagtighed lader sig gøre, hvor man f. Eks. kan fremkalde et Absorptionsspektrum, bliver det dog endnu en vanskelig Opgave at bestemme, hvorledes Omsætningen er foregaaet. Man kan vel maale de for vort Øje synlige Straalers lysende Evne ved at sammenligne dem med bestemte Normal-Lys, f. Eks. den saakaldte Hefner-Lampe, men den Varmevirkning eller kemiske og biologiske Virkning, de samme Straaler udøver, kommer derved ikke i Betragtning. Er Talen om Lys, der indeholder Straaler af forskellig Bølgebredde, maa Straalernes forskellige Virkninger maales ved forskellige Enheder, og idet der da bliver Tale om den samlede Virkning af flere kvalitativt forskellige Straaler eller en indbyrdes Sammenligning mellem disse, glipper enhver eksakt Maalemetode, saa vi i det højeste kan faa en relativ Nøjagtighed. Metoder, der søger at udtrykke Lysstyrken ved Varmevirkning eller kemiske Virkninger (her navnlig overfor den fotografiske Plade eller fotografisk Papir) vil saaledes altid kun give Maal for en Del af Lysenergien, og de kan let give Anledning til Fejlslutninger og Misforstaaelser. Eksempelvis skal her kun nævnes, at man ofte har villet maale den Lysstyrke, der har Betydning for Planternes Kulsyreassimilation, ved det samme Lys' Indvirkning paa fotografisk Papir. I første Tilfælde er det de røde og gule, i sidste de blaa-violette Straaler, der er særlig virksomme. Men det indbyrdes Forhold mellem disse Straalearter veksler, eftersom Solen staar højt eller lavt paa Himmelen, ɔ: eftersom Lyset har et mindre eller større Luftlag, der fortrinsvis absorberer blaa-violette Straaler, at passere. Og lignende Fejlkilder er tilstede, om man paa den Maade vil maale Lysstyrken i Skyggen af grønne Blade, der i meget forskellig

Grad ved Absorption svækker Styrken af de enkelte Straalearter.

Lyskilder. Af saadanne findes der, som før nævnt, flere forskellige, blandt hvilke Solen uden Sammenligning er den for vor Klode allervigtigste og den eneste af de naturlige Lyskilder, der her paa Jorden spiller nogen nævneværdig Rolle for Energiomsætningen i Naturens Husholdning i Almindelighed. Men foruden denne disponerer Mennesket over en stor Mængde kunstige Lyskilder. Man kan nemlig let omsætte andre Energiformer i Straaleenergi. Dette sker ved mange Forbrændingsprocesser og i det hele taget, naar man giver et Legeme en høj Temperatur. Mekanisk og elektrisk Energi kan jo, som bekendt, ogsaa let omsættes i Varme, og denne afgives da igen delvis i Form af Straaler. For saadanne Legemers Vedkommende, der uden at sønderdeles eller fordampe[1]) kan taale stærk Opvarmning, vil der, efterhaanden som deres Temperatur stiger, afgives stadig flere og flere Straaler med kortere og kortere Bølgebredde. I Begyndelsen er det kun usynlige, ultrarøde Straaler, senere tillige for vort Øje synlige og tilsidst ogsaa usynlige, ultraviolette Straaler, der udsendes. For mange Metallers Vedkommende betegnes disse Stadier ved den mørke, rød- og hvidglødende Tilstand, og saadanne, der taaler temmelig høje Temperaturer, vil da udmærke sig ved i sidste Tilfælde at udsende forholdsvis mange ultraviolette Straaler, skønt Mængden af de andre ogsaa stadig tiltager med Temperaturen. Men trods dette har de ultraviolette Straaler kun en meget ringe Varmevirkning. I saa Henseende staar ved de højeste Temperaturer, som faste Legemer kan faa, de gule og grønne Straaler højest; det er dem, der samtidig virker stærkest baade paa vor Nethinde og paa særlige Sanseorganer for Varmefornemmelser. Men paa den anden Side vil der ved en bestemt Intensitet af de lysende Straaler være forholdsvis saa mange flere af ultrarøde Straaler tilstede, saa det dog bliver dem, der bliver de afgørende for den samlede Varmevirkning.

Det indbyrdes Forhold, i hvilket de forskellige Straaler er repræsenterede, veksler imidlertid i høj Grad, ikke alene med Temperaturen, men ogsaa med Straalekildens Natur. Saaledes giver f. Eks. det elektriske Glødelys, Gas-, Petroleums- og Stearinlys

[1]) Legemer i luftformig Tilstand giver selv ved de højeste Temperaturer i Reglen kun mørke, ultrarøde Straaler.

kun forholdsvis faa af de kortbølgede (mest brydbare, ultraviolette) Straaler, men Sollyset og det elektriske Buelys langt flere. Hvad det sidste angaar, er tillige Elektrodernes Art, Tykkelse, Afstand m. m. samt den anvendte Strømstyrke af største Betydning. Tynde Kulspidser, Kvægsølv- og Jærnelektroder giver f. Eks. Lys, der er særlig rigt paa ultraviolette Straaler, og derfor har man, hvor man ønskede at bringe disse i Anvendelse, konstrueret Lamper netop af den Art.

Vil man nu undersøge en enkelt eller bestemte Straalearters Egenskaber, gælder det om at isolere dem, hvilket enten kan ske ved Spredning (gennem Prismer og Gitre) eller ved at anvende saadanne absorberende Legemer, der, om muligt, indsuger alle andre Straaler. Af de sidste skal her nævnes nogle, som ofte finder Anvendelse ved biologiske Undersøgelser. En tilstrækkelig stærk Opløsning af Jod i Svovlkulstof tillader næsten kun ultrarøde Straaler at gaa igennem, medens de synlige og ultraviolette absorberes. En Opløsning af bikromsurt Kali eller Glas, som er imprægneret hermed, indsuger de blaa-ultraviolette Straaler, men lader foruden ultrarøde ogsaa synlige røde-gule (grønne) gaa igennem. Svovlsur Kobberilte-Ammoniak indsuger omvendt de ultrarøde til gule (grønne) Straaler og lader kun de blaa-ultraviolette gaa igennem. Alunopløsninger, Vand, Is og Citronsyre holder de ultrarøde (Varmestraaler) tilbage, men lader alle synlige og ultraviolette Straaler passere. Glas og tætte Luftlag, f. Eks. Atmosfæren, svækker kendeligt de ultraviolette Straaler. Medens rent destilleret Vand lader disse gaa næsten usvækkede igennem, er dette ikke Tilfældet, saa snart der forekommer almindelige Forureninger (opløste Salte) i Vandet. Som Eksempel paa et Stof, der lader næsten alle mulige af Spektrets Straaler (ultrarøde, synlige og ultraviolette) gaa igennem sig, kan nævnes Kvarts. —

Røntgen- og Radiumstraaler, der alle høre til de saakaldte usynlige Straalearter, udsendes fra særlige Straalekilder. De har i Forhold til deres Varmevirkninger paafaldende stærke kemiske og biologiske Virkninger, ved hvilke de da bl. a. ogsaa paavises.

Røntgenstraaler frembringes ved at lade en elektrisk Strøm gaa igennem en Glasbeholder, af hvilken Størstedelen af Luften er udpumpet (et saakaldet Geisslersk Rør), og hvori der er anbragt en

lille Metalplade, fra hvilken de udstraaler. De udmærker sig særlig ved deres Evne til at trænge igennem faste Legemer, selv om disse ikke er gennemsigtige. Men da de vanskeligere trænger igennem tunge (f. Eks. Metaller) end lette Legemer (f. Eks. Træ eller dyriske Væv), og de paa den anden Side stærkt paavirker den fotografiske Plade, kan de benyttes til Optagelse af de ejendommelige Skyggefotografier, der har faaet saa stor Anvendelse i Lægekunsten.

Radiumstraalerne, der er af forskellig Art (α-, β- og γ-Straaler), — nogle (α- og β-Straalerne) materielle ligesom Kathodestraalerne, andre (γ-Straalerne) vistnok identiske med Røntgenstraaler, — udsendes fra visse sjældne Metaller, bl. a. Uran, Thorium og det ny opdagede Grundstof Radium (radioaktive Stoffer). Disse Stoffer udsender desuden en ejendommelig, usynlig, luftformig Substans, en Emanation, der ogsaa er radioaktiv, og som efter dens Tilstandsform igen udsender forskellige Straaler (α-, β- og γ-Straaler). α-Straalerne holdes tilbage af de fleste faste Legemer, β-Straalerne kan trænge gennem tynde Plader af Glas, Glimmer, Kvarts og Metaller, men γ-Straalerne trænger igennem næsten alle Stoffer og standses f. Eks. først af en Aluminiumplade paa $^1/_2$ Meters Tykkelse. —

Angaaende de forskellige Straalearters andre ejendommelige Egenskaber maa der henvises til Lære- og Haandbøger i Fysik og til særlige Afhandlinger (f. Eks. af K. Prytz i Fysisk Tidsskrift 1905—06 om Radium). En særdeles velskreven og klar Fremstilling, der særlig tager Sigte paa de Sider af Lyslæren, som har biologisk Interesse, findes i Indledningen til Dr. Gunni Busck's desværre ikke fuldførte »Lysbiologi«, 1. Del (i »Meddelelser fra Finsens medicinske Lysinstitut«. VIII. 1904).

Biologiske Virkninger.

En videnskabelig Undersøgelse af Lysets Indflydelse paa de levende Væsener har nu belært os om, at denne kan være saare forskelligartet og i det enkelte saavel skadelig som gavnlig. Men før vi fordyber os nærmere i en Analyse heraf, skal det dog straks slaas fast, at som Helhed er Lysets Betydning for det levende af en saa fundamental Natur, at alle Planters (med Undtagelse af enkelte Bakteriers, se S. 95) og alle Dyrs fort-

satte Eksistens direkte eller indirekte er afhængig af de Straaler, der fra Solen rammer vor Jord.

Ti som allerede flere Gange i det foregaaende lejlighedsvis berørt (se S. 21, 27, 85, 94 og 124), beror Livets Opretholdelse paa Dannelsen af organisk Stof af uorganisk Materiale, ved den saakaldte Kulsyreassimilation (der vil blive nærmere omtalt under »Ernæringsvirksomhed« i 3. Del), og denne Proces udføres af de grønne Planter kun ved Hjælp af den Energi, Solstraalerne leverer. Naar der herved af Kulsyre og Vand opbygges store organiske Molekuler (Sukkerarter, Stivelse o. l.), omsættes og bindes Lysenergien heri som hvilende (potentiel) kemisk Energi, der ved de paagældende Stoffers Nedbrydning igen kan frigøres og overføres i saadanne Former (Varme, Bevægelse m. m.), at den er anvendelig til Udførelsen af alle mulige andre Livsvirksomheder.

De Kraftomsætninger, der med Lysenergien som Udgangspunkt foregaar i de levende Væsener, er af lignende Art som dem, Mennesket betjener sig af, naar det omsætter andre Kraftformer i elektrisk Energi og derefter igen benytter denne til forskellige Øjemed, til Belysning, som Drivkraft, til Opvarmning m. m. Den mekaniske Kraft, som Vandfaldene eller Vindene udøver, kan gennem særlige Maskiner, Dynamoer, omsættes i elektrisk Energi. Men hvor disse Kraftkilder ikke staar til Raadighed, kan den Kraft, der ved Kuls, Tørvs, Træs, Sprits og lignende Stoffers Forbrænding frigøres som Varme, omsættes, først i mekanisk Energi, der driver en Dynamo, og dernæst gennem denne i elektrisk Energi. Paa sidst nævnte Maade produceres f. Eks. den Elektricitet, der anvendes i Kjøbenhavn og mange andre store Byer. Fra Dynamoen kan Elektriciteten ledes direkte til Forbrugsstederne, men da Forbruget ofte er meget vekslende paa forskellige Tider af Døgnet, og det er bekvemt at lade Dynamoerne gaa med nogenlunde samme Kraft uafbrudt, eller da det ogsaa kunde hænde, at disse Maskiner af en eller anden Grund gik i Staa i nogen Tid, er det af største Betydning, at man ogsaa er i Stand til at opmagasinere Elektriciteten som hvilende (potentiel) Energi i de saakaldte Akkumulatorer og elektriske Batterier, hvorfra den da paa et hvilket som helst Tidspunkt igen kan frigøres ved at slutte en elektrisk Strømkæde.

De grønne Planters Kulsyreassimilationsprodukter, i hvilke Lysenergien bliver opmagasineret, svarer da ganske til de elektriske Akkumulatorer, og de Tider paa Døgnet, da Lyset ikke

skinner, øser Planten saa af den Energikilde, den har opsparet om Dagen, eller den afleverer den i Form af Næring til alle de Organismer — de ikke grønne Planter og Dyrene —, der ikke selv direkte kan udnytte Lysenergien. Naar vi anvender Plantestoffer (Kul, Træ, Alkohol o. s. v.) til Forbrænding for derigennem at producere Varme, mekanisk eller elektrisk Kraft, saa er det jo i Virkeligheden ogsaa den fra Lysstraalerne stammende bundne Energi, vi herved frigør og tager i vor Tjeneste.

Da saaledes en for alle Organismer nødvendig Tilberedelse af Næringsstoffer er afhængig af Solens Straaler, og det tillige er dem, der tilfører vor Jord al den for Livsfunktionernes Udfoldelse nødvendige Varme (se S. 123), bliver Lyset fremfor nogen anden Naturkraft Kilden til Livet paa vor Klode, saa vi praktisk talt er berettigede til kort og godt at sige: **Uden Lys intet Liv.**[1])

Herefter kan det maaske undre at erfare, at Lyset ogsaa kan have ganske den modsatte Virkning paa levende Væsener, at der tillige er noget livsfjendsk, lammende og dræbende ved denne Naturkraft. Men det er ikke desto mindre saaledes. Mange Organismer, selv blandt de grønne Planter, maa paa forskellig Maade beskytte sig mod Lysets skadelige Paavirkning, og nogle taaler overhovedet ikke direkte Bestraaling ud over ganske korte Tidsrum. Dette hænger dels sammen med, at Lyset indeholder for de forskellige Livsytringer baade gavnlige og skadelige Straalearter, dels at de forskellige Organismer er i meget forskellig Grad følsomme overfor Lysstyrken.

Ligesom vi for Temperaturens Indflydelse paa Livsvirksomhederne eller paa Organismernes Eksistens kunde fastslaa et Minimum, Optimum og Maksimum i Varmegraden, saaledes kan der ogsaa angives tilsvarende Kardinalpunkter for Lysgradens biologiske Virkninger. Men dels findes der indenfor denne større Spillerum — fra absolut Mørke til koncentreret Sollys —, som kan taales eller kræves i forskellige Tilfælde, og

[1]) Naar der, som før nævnt (S. 95), dog findes en lille Gruppe af levende Væsener (Bakterier), der kan danne organisk Stof uden Lysets Medvirkning, saa har vi maaske i dem Lov til at se nogle af de første Spirer til Liv paa Jorden — paa et Tidspunkt, da denne, omhyllet af tætte Skymasser, var ganske mørk —, men den rige Udfoldelse af Livsformer, der nu befolker Jorden, vilde dog, bortset fra Livets Ophør paa Grund af for lav Temperatur, være utænkelig, hvis Solens Lys hørte op at skinne.

dels er det Lys, der udstraaler fra forskellige Lyskilder, eller som ad den ene eller anden Vej (delvis absorberet eller reflekteret) naar Organismerne, af kvalitativ forskellig Art, saa det er adskilligt vanskeligere her at anvende eksakte Maal end for Varmens Vedkommende. Vi ved af praktisk Erfaring, hvorledes nogle Organismer søger og trives bedst i fuldt, direkte Sollys, medens andre søger Skyggen eller Mørket. Men vi ved nu ogsaa, at hos den enkelte Organisme kan de forskellige Livsytringer paa højst forskellig Maade paavirkes af Lyset, og at der er et fint Sammenspil her mellem dette og andre samtidigt virkende Faktorer. Nogle Hovedpunkter i vor — hidtil ret mangelfulde — Viden paa disse Omraader skulde nu meddeles i det følgende.

Organismernes Lysbehov. At Lys er nødvendigt for de grønne Planters Trivsel, har man selvfølgelig aldrig kunnet være blind for, da de rent praktiske Erfaringer hurtigt giver dette Resultat. Men hvilken Rolle det her spiller, hvorledes det virker, samt hvilke Straalearter, der er de virksomme i saa Henseende, har man først forholdsvis sent faaet Forstaaelsen af.

Naar ogsaa en Mængde Dyr direkte søger Lyset, og deres Sundhed og Trivsel synes at være afhængig af dette, kunde man paa Forhaand formode, at de havde samme direkte Nytte af Lyset som de grønne Planter. En dybere Indsigt heri kunde ikke naaes uden gennem videnskabelige Undersøgelser og det nærmere Kendskab til Lysets Natur, som den fysiske Forskning har bragt os. Og da denne Vej endelig blev betraadt, og man begyndte at forstaa nogle af Lysets Virkninger paa de levende Væsener, lærte man, at dets Betydning for Planter og Dyr var af ganske forskellig Art. Der dukkede da samtidig mange nye Problemer op, som ikke før havde eksisteret for Menneskene, og man indsaa, hvor uhyre indviklet den hele Sag i Virkeligheden er.

Det var først i de allersidste Aar af det 18. Aarhundrede, at den hollandske Læge Ingenhouss og Schweizeren Senebier opdagede Lysets Medvirkning ved de grønne Planters Kulsyreoptagelse og Iltudskilning, hvorefter Schweizeren Saussure og Franskmanden Boussingault i første Halvdel af det 19. Aarhundrede fastslog, at de paagældende Planter kan hente al deres nødvendige Kulstofnæring fra Luftens Kulsyre, naar der staar en passende Lysstyrke til deres Disposition. Det gaar da efterhaanden op for Forskerne, hvilken eminent Betydning Lyset spiller i

hele Naturens Husholdning, og hvorledes alle andre levende Væseners Eksistens er afhængig af de grønne Planters Udnyttelse af Lysenergien. Heraf giver de to store Kemikere, Tyskeren LIEBIG og Franskmanden DUMAS, i 1841—42 hver for sig en klar og begejstret Fremstilling (se S. 15), og siden da har næppe nogen tvivlet derom. Man saa da ogsaa, at de ikke grønne Planter og Dyrene forholder sig til Lyset paa en ganske anden Maade, og de følgende Aars Forskninger har derefter været beskæftiget med nærmere at udrede Enkelthederne i Spørgsmaalet om Lysets forskelligartede biologiske Virkninger.

For de grønne Planter er Lyset — med enkelte Undtagelsestilfælde — en Nødvendighed til Dannelsen af selve det grønne Farvestof, Bladgrøntet eller Klorofyllet, og dette er igen en Betingelse for, at de kan udnytte Lyset ved deres Ernæringsvirksomhed. I Mørke eller for svagt Lys bliver Planterne ikke grønne, men hvidlige eller gule, men paa den anden Side kan for stærkt Lys ogsaa ødelægge det grønne Farvestof, der i det hele taget er lidet bestandigt. I Virkeligheden foregaar der i den levende Celle samtidig en stadig Nydannelse og Ødelæggelse af Bladgrøntet under Lysets Indvirkning, og hver Planteart kræver en ganske bestemt, passende Lysstyrke, for at der skal være Ligevægt mellem de to modsat virkende Processer. I Almindelighed vil man træffe den dybeste og reneste grønne Farve hos saadanne Planter, der er udsatte for et ikke alt for stærkt Lys, og mange Skyggeplanter taaler jo overhovedet ikke direkte Sollys, fordi dette hurtigt ødelægger deres Bladgrønt, der da antager gullige og brunlige Farver. En Følge heraf er saa ogsaa, at deres Evne til at assimilere Kulsyre ophører, og at de efter nogen Tids Forløb dør af Sult. Men ganske vist findes der mange Planter, der kan taale og kræver saa stærkt Lys, som de overhovedet kan faa ude i Naturen, og som døer, hvis de udsættes for Skygge. Hos Træer, der har tætte Kroner, vil man f. Eks. ofte finde, at alle de Blade og Sidegrene, der ikke kan komme i Berøring med direkte Sollys, hurtigt dør bort, saa den inderste Del af Kronen bliver ganske bladløs. Enhver vil kunne overbevise sig herom ved Vandring i en frodig dansk Skov, og her vil der tillige være rig Lejlighed til at iagttage, hvorledes de forskellige Planter kæmper om Lyset (Bøgen og Egen). I Bunden af en rigtig tæt, sluttet, Bøgeskov vil saa at sige ingen grønne Planter kunne trives undtagen i det tidlige Foraar, naar Bøgen endnu ikke er sprungen ud (Anemoner, Skov-

mærker m. fl.). Staar Træerne derimod ikke alt for tæt, vil Bøgeskovens Bund hele Sommeren igennem være bedækket med et smukt grønt Tæppe (af Skovsyre, Bregner, forskellige Mosser osv.). Men hugges der lyst, saa Solstraalerne direkte naar Bunden, vil disse Skyggeplanter forsvinde og afløses af en Mængde andre, solelskende, Former som Græsser, Hindbær, Gederams, Primula, Dueurt m, fl. Disse Forhold, der er betinget af Planternes Tilpassethed til forskellige Lysstyrker, vil mange andre Steder i Naturen gøre sig gældende. Bakkeskrænter, der hælder mod Nord, vil saaledes ofte have en helt anden Flora end de, der vender mod Syd, og paa denne Maade kan Skraaningerne af en Hulvej eller en Jærnbanegennemskæring, der gaar i Retning Øst—Vest, blive udpræget forskellige. De Alger, Mosser og Lavarter, der lever paa Træstammer, kan ligeledes fortrinsvis holde til enten paa Nordsiden eller paa en af de Sider, der modtager direkte Sollys. Og for Stueplanternes Vedkommende bliver, som bekendt, Vinduernes Retning mod Verdenshjørnerne, Planternes Afstand fra Vinduet, deres indbyrdes Arrangement osv. bestemmende for, hvilke Arter man kan faa til at trives og blomstre.

I de nævnte Tilfælde er det hovedsagelig Lysstyrken og den Tid af Døgnet, Lyset har Lejlighed til at virke, som bliver den afgørende Faktor for Plantevæksten. Det samme er Tilfældet i de korte, mørke Efteraars- og Vintermaaneder, da de fleste af vore Stueplanter sulter af Lysmangel, men her vil forøvrigt den geografiske Beliggenhed, af hvilken Dagens Længde og Solstraalernes Vinkel mod Jordoverfladen er afhængig, blive af største Betydning. Omvendt vil Polarlandenes lange, til visse Tider uafbrudte Dag tillade en overordentlig stærk Udnyttelse af Lysenergien, hvor Temperatur, Vindforhold o. l. ikke er alt for ugunstige, og i Overensstemmelse hermed er Polarplanternes hurtige Udvikling i den korte Sommer ogsaa et bekendt Faktum. Hvilke andre Faktorer, der her muligvis spiller en Rolle, vil nedenfor blive berørt. At Plantevækstens Fordeling i forskellige Dybder af Vandet hænger sammen med den Lysmængde, der trænger ned igennem dette, er tidligere omtalt (se S. 112).

Men det er dog ikke alene Lysstyrken, der er afgørende for Planternes Trivsel. Ogsaa Lysets Kvalitet har i saa Henseende den største Betydning. Ved at anbringe Planter under farvet Glas, bag Skærme af farvede Opløsninger (omsluttede af Glasvægge), eller i Lys, hvis Straaler er brudte og spredte gennem et

Prisme eller Gitter, har man opdaget, at det er særlig de røde og gule, synlige Straaler, som har Betydning for Bladgrøntdannelse og Kulsyreassimilation, medens de blaa og violette Straaler i flere Henseender snarere virker skadeligt paa Planternes Trivsel (se nedenfor).

Om en slig Forskelligartethed i Lysets Sammensætning kan der nu ogsaa meget godt blive Tale ude i Naturen, hvor Solstraalerne maa passere forskellige Medier, før de naar Planterne. Selve Luftlaget indsuger en ikke ubetydelig Del af navnlig de blaa og violette Straaler, og dette kommer da til at gøre sig forskelligt gældende, efter som Luftlaget er tykt (i Højde med Havets Overflade) eller tyndt (oppe paa Bjærgene), eller eftersom Solstraalerne falder med rette eller skæve Vinkler mod Jordoverfladen, i hvilket den geografiske Beliggenhed og Solhøjden paa forskellige Tider af Dagen griber ind. Luften kan tillige være mere eller mindre mættet med Vanddampe, der ogsaa absorberer en Del af Lysstraalerne (navnlig de røde), og Skydækket, Luftens Indhold af Støv, Refleksen fra Skyerne osv. kan give Lyset forskellig Sammensætning. De Lysstraaler, der trænger dybest ned i Vandet, er fortrinsvis de grønne og blaa, medens de vigtige røde og gule holdes tilbage af de øvre Vandlag. Og endelig er det jo hovedsagelig grønne Straaler, der naar igennem et Løvdække, og som de Blade og Planter, der staar i andres Skygge, maa nøjes med.

Man vil herefter forstaa, hvorledes der sættes Grænser for Planternes Udbredelse, og hvilken Betydning de enkelte Arters mulige Evne til at udnytte forskellige Straalearter har for deres Eksistens paa et givet Sted. Helt uden Betydning for Kulsyreassimilationen synes de blaa og violette Straaler nemlig ikke at være. Der hersker imidlertid paa dette Omraade nogen Uenighed, der maaske delvis kan finde sin Forklaring i Forskelligheder hos de Planter, med hvilke man har eksperimenteret. Men hvad alle i Øjeblikket er enige om, er, at det kun er de Straaler, der kan opfattes af det menneskelige Øje, der har Betydning for Planternes Ernæring. Og da saadanne Straaler jo ikke alene udsendes fra Sollyset, men ogsaa af talrige kunstige Lyskilder, vil disse, naar man tager Forholdsregler mod deres mulige store Rigdom paa skadelige Straalearter, ogsaa kunne anvendes til Fremelskning af Planter og faa Betydning f. Eks. ved elektrisk Belysning i Drivhuse.

Man har en Tid ment, at nogle Bakterier, der fører et særligt rødt Farvestof, de saakaldte Purpurbakterier, skulde kunne assimilere Kulsyre i Lys og dertil ogsaa være i Stand til at udnytte usynlige, ultrarøde, Straalearter. Men i nyeste Tid er det (af MOLISCH) bleven paavist, at her ikke er Tale om nogen Kulsyreassimilation, om end Lyset — af en eller anden hidtil ukendt Aarsag — dog er nødvendigt for de paagældende Bakteriers Trivsel. Dette tyder paa, at Lysenergien muligvis af Organismerne — ogsaa de ikke bladgrøntførende — kan udnyttes paa anden Maade og maaske af den Grund være direkte nødvendigt for flere Arters Eksistens (se nedenfor).

I denne Sammenhæng skal da ogsaa omtales et overordentlig interessant Forhold, der netop i den senere Tid har vakt den største Opmærksomhed: **elektriske** Strømmes mulige Betydning for de grønne Planters Trivsel. — For c. 30 Aar siden mente den finske, nu afdøde Professor SELIM LEMSTRÖM paa talrige Rejser i Polarlandene at have gjort den Iagttagelse, at baade vildtvoksende og Kulturplanter i disse Egnes kolde og korte Sommer havde en forbavsende frodig Udvikling. Det vedvarende Sollys kunde ikke give tilstrækkelig Forklaring herpaa, da det træffer Jordoverfladen under saa spidse Vinkler, at den i Vegetationstiden samlede Lysmængde, der naar disse Egne, vilde være betydeligt svagere end f. Eks. paa den 60. Breddegrad. Forskellige Grunde bragte ham da til at formode, at den sande Aarsag til dette Fænomen maatte søges i den Udstrømning af Elektricitet fra Atmosfæren til Jorden og omvendt, som giver sig til Kende gennem de saa hyppigt optrædende Nordlys. For at faa denne Antagelse begrundet anstillede LEMSTRÖM derefter en Række Plantekulturforsøg, idet han over Jorden udspændte et Net af Metaltraade, gennem hvilke han sendte en elektrisk Strøm. Og de Planter, der stod under saadanne Net, udviklede sig da meget bedre end de, der stod udenfor. Han sluttede bl. a. ogsaa deraf, at Naaletræernes spidse Blade, Kornaksenes Stak o. l. Organer havde stor Betydning for Planterne ved at tjene til Udveksling af Elektriciteten mellem Atmosfæren og Jordbunden.

Senere har flere andre Forskere søgt Bekræftelse paa de LEMSTRÖM'ske Forsøgsresultater, der virkelig synes at skulle kunne faa praktisk Betydning. Under Ledelse af den bekendte engelske Fysiker OLIVER LODGE er der i Aarene 1906—08 anstillet lignende

Forsøg, ved hvilke der over en Mark blev udspændt nogle faa Metaltraade i parallele Rækker med 9 Meters Afstand og baarne paa saa høje, isolerede Stænger, at Kornlæs uhindret kunde køre under dem. Fra en lille Petroleumsmotor paa 2 Hestes Kraft, der drev en Elektrisermaskine eller Dynamo, sendtes i Løbet af Vegetationstiden den til 4 Hektarer nødvendige elektriske Strøm ud i Nettet, idet denne dog forinden i et Induktionsapparat og ved andre indskudte Apparater var bleven omdannet til en meget højspændt positivt elektrisk Strøm paa 100,000 Volt, saa den nu til Stadighed strømmede ud af de fine Traade og derunder fremkaldte saavel en svag, hvislende Lyd som et Lysfænomen, der kunde skimtes i Mørke. De Afgrøder af forskellige Hvedesorter, der høstedes under et saadant Net, var 30—40 % større end i Kontrolforsøg, og med flere andre Planter blev der opnaaet lignende Resultater. Flere Steder i Tyskland er saadanne Forsøg ogsaa anstillede med nogle Variationer i Metoderne, og foreløbig lyder Beretningerne overmaade gunstige for en Anvendelse af Elektricitet til Plantekultur (saakaldet Elektrokultur), da de herved forøgede Udgifter mange Gange dækkes af Stigningen i Udbyttet.

Hvorledes den hele Sag skal forklares, er derimod endnu langt fra oplyst. Det er vel næppe sandsynligt, at det her skulde dreje sig om den elektriske Energis direkte Udnyttelse til Assimilationsarbejdet, som ved Lysvirkningen, men derimod er det tænkeligt, enten at elektrolytiske Processer i Planten kunde fremkalde forøget Saftspænding, fremskynde Transpirationen og dermed Stofoptagelsen fra Jorden, eller at de elektriske Udladninger i Atmosfæren førte til Iltninger af dennes Kvælstof, som derefter med Regnen kunde føres til Jorden og udnyttes af Planterne. Men formodentlig vil vi snart faa nærmere Oplysninger herom, da saadanne ret let synes at maatte kunne vindes ved simple Variationer i Forsøgsmetoderne. Og dermed vil vi saa antagelig ogsaa have opklaret Tordenluftens gavnlige Indflydelse paa Planterne, udover hvad der skyldes en med denne følgende forøget Temperatur og Fugtighed.

Det er nu ikke alene til Udførelsen af Ernæringsvirksomhed, at Lys kan være en Nødvendighed for Organismerne, men det fremmer sikkert ogsaa en hel Del andre Stof- og Energiskifteprocesser. Ganske vist er grumme lidet desangaaende videnskabeligt fastslaaet, og de Undersøgelser, der hidtil er fore-

tagne derover, ofte belemrede med saa mange Fejlkilder, at de opfordrer til stor Varsomhed med Tydningen af Resultaterne, men umiddelbare Iagttagelser og praktiske Erfaringer, der taler til Gunst for en saadan Opfattelse, foreligger i saa stor Mængde, at man ikke kan se bort fra dem.

Vi ved saaledes med Sikkerhed, at Lys er nødvendigt for den normale Udvikling og Udformning af forskellige Organer baade hos Dyr og Planter. En ellers bladgrøntførende Plante, der udvikler sig i Mørke, synes vel her at vokse hurtigere (se nedenfor om Lysets væksthæmmende Indflydelse), men den indre og ydre Udformning af Organerne bliver en saadan, at den paa forskellig Maade nedsætter Plantens Modstandskraft mod skadelige ydre Paavirkninger og derfor maa kaldes en sygelig. Dette gælder f. Eks. Udformningen af de mekaniske Elementer (Støttevæv), der skal afstive Planten, og som i Mørke bliver altfor svage. Desuden indtræder der ofte et Misforhold mellem Udviklingen af Stængler og Blade; og Lysblade er ofte tykkere og af en anden anatomisk Bygning end Skyggeblade paa samme Plante. Noget lignende kan endogsaa gælde for bladgrøntfrie Planter, som Paddehatte, hvis Hat i Mørke kun udvikles i meget ringe Grad, medens Stokken bliver meget længere end normalt; eller for Dyr som Hydroidpolyper, der kun i Lys udvikler de egentlige Polyper. Desuden synes Lys at være en Nødvendighed for mange Forplantningsorganers og Fostres Udvikling. Dette gælder f. Eks. Æg af Frøer og forskellige Snegle og Fiske. Flere Svampe og Alger fruktificerer kun, og mange Planters Frø og Sporer spirer kun i Lys, eller naar de nogen Tid efter en Udblødning har været udsatte for Belysning, f. Eks. Frø af Mistelten og Tobak samt Sporer af visse Mosser og Bregner. Det er jo ogsaa en bekendt Sag, hvorledes Lyset indirekte virker i Forplantningens Tjeneste, dels ved at fremme Blomsterdannelsen, der er afhængig af en rigelig Kulsyreassimilation, dels ved at befordre Dannelsen af de smukke Farvestoffer i Blomsterne, der særkender f. Eks. den alpine og den tropiske Flora, og som i højeste Grad befordrer Insektbestøvningen; i samme Retning virker ogsaa Udviklingen af Blomsters og Frugters Duft og Aroma, der saa ofte staar i Forbindelse med Belysningsforholdene. Fugles, Krybdyrs, Insekters og andre Dyrs Farvepragt i den tropiske Natur skyldes sandsynligvis ogsaa hovedsageligt det stærke Lys.

Ved alle de her sidst nævnte Virkninger af Lyset er det især de blaa, violette og ultraviolette Straaler, der har Betydning, og denne maa sikkert igen henføres til deres Indflydelse paa forskellige Stofskifteprocesser. Men meget leder Tanken hen paa, at ogsaa de røde, gule og grønne Straaler skulde kunne udnyttes ved andre Virksomheder end just Kulsyreassimilationen. De absorberes jo — og omsættes derved i andre Energiformer — af talrige Farvestoffer, der forekommer i Planternes og Dyrenes Legeme, saaledes f. Eks. af Blodets røde Farvestof (Hæmoglobinet), der bl. a. indsuger en Del af de gule og grønne Straaler, og hvis Absorptionsspektrum saa meget minder om Bladgrøntets (se Fig. 86). Det var da vel tænkeligt, at den ved Absorptionen tilbageholdte Energi ogsaa kunde komme den dyriske Organisme til Nytte, men bevist er dette ikke. Og man skal paa den anden Side være meget varsom med at slutte fra Absorption til Nyttevirkning af Lysstraaler, idet der i mange Tilfælde lige saa godt kan blive Tale om skadelige Virkninger, hvorpaa der nedenfor vil blive givet flere Eksempler.

Paa en ganske anden Maade bliver Lyset — og da det samlede hvide Lys — af største Betydning for alle de Organismer, der er i Besiddelse af særlige Sanseorganer til Optagelse af Lysindtryk, fordi de herigennem sættes i Stand til at finde sig til Rette i Omgivelserne, foretage hensigtsmæssige Bevægelser for at opsøge Næring, undfly Farer, slutte sig sammen indbyrdes osv. De allerfleste Dyrs Eksistens er jo afhængig af denne Udnyttelse af Lyset, og hermed staar den Kendsgerning i Forbindelse, at de som oftest kun er paa Færde i de lyse Dagtimer, medens de benytter Natten til Hvile. Det er endda ikke alene Dyrene, der kan være i Besiddelse af saadanne særlige Synsorganer. Selv i Planteriget er de overordentlig udbredte, men ganske vist kun i deres simpleste Form, saaledes som de ogsaa findes hos mange lavere Dyr, d. v. s. som Organer, der kan tjene til Opfattelsen af Grader i Lysets Styrke og af dets Retning, men i hvilke der ikke dannes noget Billede af belyste Genstande som i de egentlige Øjne. I Haar og Overhudsceller af talrige Planters Blade findes der saadanne lysbrydende og lyssamlende Dannelser, der tydeligvis fungerer som Linser, og ved Hjælp af hvilke Planten finder sig tilrette m. H. t. at indtage en for den i Forhold til Lyset gunstig Bladstilling.

Ganske naturligt savnes saadanne Organer, eller er de kun højst ufuldkomment udviklede, hos de Organismer, der lever i vedvarende Mørke, under Jorden, paa de store Havdybder eller som Snyltere dybt inde i andres Legemer.

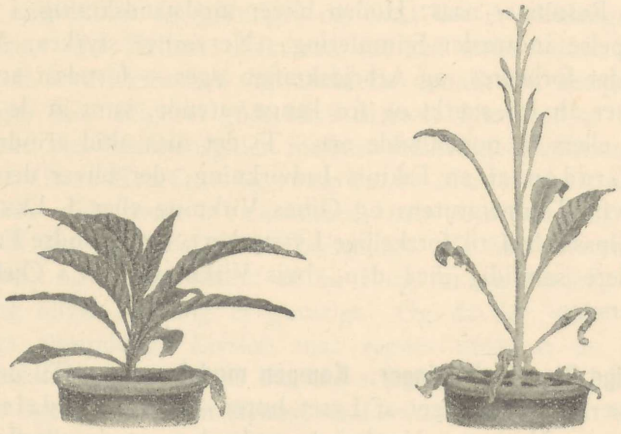
At Lyset tillige fremkalder en Række forskellige Bevægelser baade hos fastsiddende og selvbevægelige Organismer, af den største Betydning for disse, skal her blot nævnes under Henvisning til 3. Del, hvor disse og Sansningsfænomenerne vil blive Genstand for nærmere Omtale. (Se ogsaa S. 166 ff.).

Men naar der er Tale om Organismernes Lysbehov, maa man gøre sig klart, at det ofte er overmaade vanskeligt at afgøre, hvad der er nødvendigt og gavnligt, og hvad der er skadeligt for en Organisme som Helhed. Faktorer, der kan virke hæmmende paa en enkelt Livsvirksomhed og altsaa for denne maa betegnes som skadelige, kan alligevel godt blive til stor Nytte ved at virke regulerende paa Sammenspillet mellem forskellige Funktioner eller ved at udløse Kræfter og fremkalde Modreaktioner, der ellers ikke vilde træde i Virksomhed, men som betegner en Forøgelse af den samlede aktive Livsenergi. Ti herved styrkes Organismen, og Enderesultatet af en i og for sig skadelig Faktors Virkning bliver saa dog et gunstigt. Og da der under Organismernes almindelige Livsløb maa regnes med, at de jævnligt bliver udsatte for saadanne Faktorers Indvirkning ude i Naturen, kan det ligefrem blive et Behov, et Livskrav, at lære at tillæmpe sig efter disse og at opnaa den fornødne Modstandskraft til eventuelt at afslaa et pludseligt, stærkt Angreb af dem. Alt for gunstige Livskaar kan jo, som Erfaringerne fra Menneskelivet lærer os, godt føre til en Svækkelse af Organismen. Men i Kampen for Tilværelsen, under ugunstige Livskaar, øves mange værdifulde Egenskaber, og hærdes Organismen, der altid har en Tendens til at reagere i modsat Retning af de Kræfter, der indvirker paa den. Vi vil saaledes senere komme til at omtale nærmere, hvorledes en i og for sig skadelig Dosis af en Gift, der indføres i Legemet og øjeblikkelig virker lammende paa dette, snart vil kunne faa den modsatte Virkning, fordi den efterhaanden fører til Dannelsen af en Modgift, der ophæver dens Virkning og derefter yderligere øger Legemets Modstandskraft, saa det vil kunne taale langt større Doser af den samme Gift. Helbredelse for og erhvervet Uimodtagelighed mod flere Sygdomme beror bl. a. herpaa. Og paa lignende Maade virker antageligt mange af de for enkelte Funktioner

i og for sig skadelige Lysstraaler, som vi nedenfor skal behandle, æggende og hærdende paa Organismen som Helhed. Vi ved ganske vist her ikke saa nøje Besked med, hvilke Reaktioner det er, Straalerne i saa Tilfælde udløser. Men vi har ikke Lov til at se bort fra almindelige Erfaringer i den Retning, bl. a. at det for Mennesker synes langt sundere at færdes paa lyse end paa mørke Steder, skønt vi, som det nedenfor vil blive omtalt, ved, at det stærke Lys kan virke dræbende paa Hudens Celler, at det kan fremkalde Betændelsesprocesser i disse, at dets øjeblikkelige Virkning ofte er en Slappelse, Træthedsfornemmelser eller ligefrem Ildebefindender m. m. Ved fortsat Indvirkning kan derimod de modsatte Resultater naas: Huden bliver modstandskraftig, i Stedet for Slappelse indtræder Stimulering, »Nerverne« styrkes, Almenbefindendet forbedres, og Arbejdskraften øges — forudsat at Lyset ikke bliver alt for stærkt og for længe varende, samt at de øvrige Livskaar ellers er nogenlunde ens. Ti det maa altid erindres, at det er Graden af en Faktors Indvirkning, der bliver den afgørende (jvfr. Temperaturens og Giftes Virkning eller f. Eks. Planternes Tilpassethed til forskellige Lysstyrker), og at andre Faktorer kan variere samtidig med den, hvis Virkning man i Øjeblikket vil undersøge.

Særlige Straalevirkninger. Kampen mod Lyset. — Til de bedst kendte særlige Virkninger af Lyset hører dets Indflydelse paa Planternes Vækst. Mærkeligt er det her, at de allerfleste — om ikke alle — Planter vokser hurtigere i Mørke end i Lys, og man ved nu ogsaa, at det særlig er de blaa, violette og ultraviolette Straaler, der er de vækstHæmmende. Omstaaende Fig. 87 viser to lige gamle Tobaksplanter, der i samme Tid har opnaaet en ret forskellig Højde, eftersom de har vokset i Lys eller i Mørke, og samme Resultat vilde Forsøg med en hvilken som helst anden højere grøn Plante give, skønt disse Planters fortsatte Eksistens, som omtalt S. 156 ff., er afhængig af Lyset. Det er derfor naturligvis ogsaa kun indenfor kortere Forsøgstider, at Lys vil have denne Virkning paa de grønne Planter. Efterhaanden vil de i vedvarende Mørke sygne hen af Sult, og forskellige andre sygelige Tilstande vil indtræde under Lysmangel (som mangelfuld Udvikling af Blade, af Stænglernes indre Bygning, af Bladgrønt m. m. (se S. 157 og 162)). Men under ellers ens ydre Kaar, bl. a. hvis Temperaturen ikke svinger for meget, vil det omtalte Forhold dog

have den praktiske Konsekvens, at Planterne kan vokse hurtigere om Natten end om Dagen. Og Lysets væksthæmmende Indflydelse gør sig forøvrigt endnu langt stærkere gældende overfor bladgrøntløse Planter som Svampe og Bakterier, af hvilke flere ganske ophører at vokse selv i et forholdsvis svagt Lys og i direkte Sollys endogsaa gaar helt til Grunde i Løbet af kort Tid. Og ikke desto mindre er Lys en nødvendig Betingelse for den normale Udformning af visse Paddehattes overjordiske Dele og for deres Fruktifikationsorganers Udvikling (se S. 162). Planter, der ved Dyrkning i Mørke har antaget abnorme Former, kaldes



a *b*

Fig. 87. To lige (14 Dage) gamle Tobaksplanter, hvoraf den ene (*a*) har vokset i Lys, den anden (*b*) i Mørke.

for mørkeetiolerede (af det franske Ord *Étiolement,* Vantrivning).

Sandsynligvis forholder en Del lavere Dyr (Infusorier) sig paa lignende Maade som Planterne, men herover foreligger der dog hidtil ikke tilstrækkeligt nøjagtige Undersøgelser, og saa snart det drejer sig om højere Dyr med Nervesystem, bliver Forholdene saa komplicerede, at det i Øjeblikket ikke er muligt at fastslaa nogen Indvirkning af Lyset paa disse Dyrs Udvikling som en direkte Følge af Væksthæmning.

Flere af Organismernes, navnlig Planternes, Bevægelser, som forøvrigt vil blive nærmere omtalte i et senere Afsnit, staar i Forbindelse med Lysets væksthæmmende Indflydelse. Mange af

disse (de saakaldte Tropismer) er nemlig Vækstfænomener og kommer i Stand paa den Maade, at et Organ vokser hurtigere paa den ene end paa den anden Side. Naar saaledes de fleste grønne Planters overjordiske Skud ved ensidig Belysning vokser henimod den Retning, hvorfra et ikke alt for stærkt Lys kommer, hænger dette sammen med, at den belyste Side vokser langsommere eller hæmmes mere i Væksten end den ikke belyste. Naar et stærkere Lys faar Planterne til at bøje sig bort fra Lyskilden, eller dette for visse Organers (Rødders og enkelte Skuds) Vedkommende endogsaa sker i svagt Lys, bliver Sagen mere indviklet og maa ofte forklares ud fra flere forskellige Aarsagers samtidige Indvirkning eller fra Planteorganernes forskellige Stemning overfor eller Tilpassethed til en indenfor visse Grænser svingende Lysstyrke. De Bøjninger henimod eller bort fra en Lyskilde, der kommer i Stand som Følge af et Vækstfænomen, kaldes Foto- eller Heliotropisme og betegnes henholdsvis som positivt eller negativt fototropiske Bevægelser.

Overmaade fængslende og interessant er det at iagttage Lysets Indvirkning paa en Mængde selvbevægelige lavere Organismer. Fritsvømmende Bakterier, Alger, Sværmsporer, Infusorier m. fl. søger i Reglen enten henimod eller bort fra en Lyskilde af en bestemt Styrke, idet Lyset virker retningsbestemmende, ordnende paa deres Bevægelser (positiv og negativ Fototaksis). Pludselige Forandringer i Lysstyrken kan undertiden virke enten pludseligt lammende, standsende paa Bevægelsen eller faa denne til at slaa over i modsat Retning — et Fænomen, som man har kaldt for »Skrækbevægelser«, fordi det saa levende minder om større Dyrs Flugt, naar et eller andet forskrækker dem.

Men ogsaa uden i og for sig at have Indflydelse paa Bevægelsens Retning kan Lys eller visse Lysstraaler fremkalde en saadan Uro over Dyr, at den giver sig Udslag i Bevægelser af forskellig Art. Niels Finsen beskriver i en af sine første Afhandlinger (fra 1895) en Række Iagttagelser, han har gjort over Lysets inciterende Indvirkning paa flere Dyr.

Ved Undersøgelsen af Æg af Frøer og Salamandre bemærkede Finsen, at Fostrene henimod Fosterlivets Slutning kan foretage ejendommelige Bevægelser, idet de i den sammenbøjede Tilstand, hvori de ligger i Ægget, ved en lynsnar Bevægelse bøjer sig til den modsatte Side. Og saadanne Bevægelser blev langt hyppigere, naar han belyste Æggene ved direkte Sollys. For at faa at vide, hvilke af

Sollysets Straaler disse Virkninger maatte tilskrives, holdt han forskelligt farvede Glas op for Sollyset eller skyggede for dette ved Hjælp af Haanden. Det viste sig nu, at medens Fostrene i Reglen laa temmelig roligt hen i Skygge og i rødt, gult og grønt Lys, blev de altid meget urolige og udførte et stort Antal Bevægelser i hvidt og i blaat Lys. — Efter at Salamander-Larverne var komne ud af Æggene og kunde svømme frit omkring, laa de i Reglen ubevægelige i Vandet, saaledes som man ser Gedder »staa«. Men blev de da enkeltvis pludselig belyste af Sollys ved et lille Hulspejl, foretog de efter nogle Øjeblikkes Forløb en retlinet Bevægelse frem i Vandet, for dog snart at standse igen. Her virkede de forskellige Straalearter paa samme Maade som paa Fosterbevægelserne, idet rødt, gult og grønt forholdt sig som Skygge, og kun det hvide og det blaa Lys fremkaldte Bevægelserne. Og dette maatte synes saa meget mærkeligere, som gult og grønt Lys dog har en langt stærkere Indvirkning paa Synsorganerne end blaat Lys.



Fig. 88. NIELS R. FINSEN (1860—1904). Dansk Læge og Naturforsker, der har indlagt sig uvisnelige Fortjenester ved sine Studier over Lysets Indvirkning paa levende Væsener og ved at anvende det til Helbredelse af Sygdomme, især den frygtede Lupus. Med det danske Finsen-Institut for Lysbehandling som Mønster er der nu oprettet lignende Helbredelsesanstalter og videnskabelige Laboratorier rundt omkring i Verden. 1903 modtog FINSEN den svenske Nobel-Pris for Medicin.

Andre Forsøg af FINSEN, med Regnorme, Ørentviste, Bænkebidere og Løbebiller (*Pterostichus*), som han anbragte i langagtige Æsker med Laag, bestaaende af en Række forskelligt farvede Glas, der var ordnede som Farverne i et Spektrum, viste, at alle disse Dyr blev særligt urolige i blaat Lys og altid søgte hen paa de Steder i Æsken, hvor der var rødt Lys. — Noget anderledes forholdt derimod Sommerfugle (*Pieris*) og Spyfluer (*Musca vomitoria*) sig, naar de blev anbragte i en Æske, hvis Laag

var dannet halvt af rødt, halvt af blaat Glas. Ogsaa disse Dyr forholdt sig i Reglen rolige under det røde Glas og var i livlige, flagrende Bevægelser under det blaa, men de syntes forøvrigt at foretrække dette sidste og fortrinsvis at søge hen under det, noget, der jo ogsaa hænger sammen med, at det er særligt lyselskende Dyr. Sommerfuglene forblev endogsaa under det blaa Glas, naar de skulde sove, medens Spyfluerne i saa Tilfælde søgte hen under det røde.

At disse Virkninger ikke skyldtes Lysets Irritation af Synsorganerne, havde allerede tidligere GRABER vist ved Forsøg med blindede Salamandre og Kakerlaket samt med Regnorme, af hvilke hele Hovedet var skaaret af. Ogsaa disse Dyr blev urolige i blaat Lys og søgte det røde, saa de altsaa igennem Huden har kunnet opfatte Forskelligheder i Lysets Kvalitet.

Skønt det ved Forsøg over Dyr med Nervesystem er yderst vanskeligt at udrede Lysets Virkning i Enkeltheder, har man vel nok Lov til med FINSEN at uddrage som Slutning af ovennævnte Forsøg, at Lyset, og navnlig de blaa-violette Straaler, har en inciterende Indflydelse paa Nervesystemet og i Kraft heraf virker som et »liv«vækkende eller energivækkende Agens. Dette staar saa sandsynligvis i Forbindelse med, at der gennem Nerverne udløses forskellige Stofskifteprocesser omkring i Organismen, hvorved der frigøres og omsættes Energi, men disse sekundære Virkninger behøver ikke at være afhængige af, hvor langt Lyset formaar at trænge ind i Legemet. Modtagelsesorganet for Lyspirringen, de perifere Nerveender, og Reaktionerne kan godt baade i Sted og Tid være adskilte fra hinanden, saaledes at der jo bl. a. ogsaa kan blive Tale om betydelige Eftervirkninger af en Lyspirring. —

Fra disse mere almindelige Virkninger af Lyset vil det være af Interesse at efterspore, om der ikke kan paavises en ganske direkte Paavirkning af den levende Celle og dennes Bestanddele, som maaske kunde kaste nogen Klarhed over de mere sammensatte Reaktioner. Ti det er jo i Biologien bestandig Cellen, vi maa vende Opmærksomheden imod, naar vi vil søge en mere indgaaende Forklaring paa et Livsfænomen. Og her maa man da tillige først undersøge, i hvilken Grad Lysstraalerne er i Stand til at gennemtrænge de levende Celler, og hvor dybt ind i Legemet de kan naa. Til Oplysning heraf foreligger der bl. a. en Del danske Undersøgelser af stor Interesse.

Ved Gunni Busck's o. a.'s Undersøgelser er det godtgjort, at overfor dyriske Væv er det kun de røde og gule Straaler, der har nogen nævneværdig Evne til at trænge i Dybden, medens de blaa-violette Straaler absorberes af de allerydersteCellelag og navnlig, hvis der i disse er aflejret saadanne Pigmenter, som netop opstaar under Lysets Indvirkning (Solbrændthed). Busck undersøgte f. Eks. de forskellige Spektralstraalers Evne til at trænge igennem et blodfyldt Kaninøre og fandt, at denne aftog fra de indre ultrarøde til de ultraviolette saaledes, at medens der af de første trængte indtil 28 % igennem, var det af de sidste mindre end 1 %, som gjorde dette, og af de synlige Straaler gik 22 % af de rødgule, men kun lidt over 1 % af de blaa-violette igennem. Gennemtrængeligheden for de rød-gule Straaler var endog saa stor, at han kunde optage Billeder paa farveføls omme isokromatiske fotografiske Plader og Lumière-Plader ved fra et Sekund til 4 Minutters Eksposition for Straaler, der havde passeret en Haandflade paa 2,8 ctm.'s og et Haandled paa 3,7 ctm.'s Tykkelse, medens han ikke kunde faa noget Fotografi frem ved Belysning gennem en 5,6 ctm. tyk Underarm, selv efter 30 Minutters Eksposition. — Og da det er af stor praktisk Interesse at vide, hvor langt de Straaler, der virker hurtigt bakteriedræbende (de blaa-ultraviolette) er i Stand til at trænge ind i Legemet, undersøgte Hans Jansen dette ved at lade Lyset fra en elektrisk Buelampe paa 70 Ampère og c. 50 Volt — efter at det var samlet gennem et Finsensk Koncentrationsapparat — passere et eller flere Lag Hud af Mennesker og forskellige Dyr, tagne fra forskellige Steder af disses Legeme, inden det naaede ind til en indtørret Draabe af en Bakteriekultur (*Bacillus prodigiosus*, Vidunderbakterien). Den paagældende Bakterie dræbes ellers i Løbet af nogle faa Minutter, naar den direkte udsættes for Lysets Paavirkning, men i disse Forsøg varierede Resultaterne meget efter Hudlagenes Tykkelse og Beskaffenhed, saasom deres større eller mindre Pigmentering, Forhorning eller Vedhæng af subkutane Fedtlag. Men den største Dybde, i hvilken der kunde konstateres den mindste Svækkelse (forsinket Vækst) af Bakterierne efter en Belysning paa 75 Minutter, var 4 Millimeter, og under Hudlag paa over 1,5 Millimeter kunde han aldrig paavise absolut Drab af dem. Ved Anvendelse af Lysfiltre kunde det endvidere afgøres, at de her omtalte Virkninger skyldtes de indre ultraviolette Straaler (af fra 406 til 322 $\mu\mu$ Bølgebredde), medens de ydre ultraviolette Straaler (af Bølgebredder paa under

322 $\mu\mu$) absorberedes saa stærkt, at de overhovedet ikke kunde have nogen direkte Betydning for Drab af Bakterier under Huden i den levende Organisme.

Disse Forsøg er af saa meget større Interesse, som det, efter hvad der hidtil foreligger, netop er de blaa-ultraviolette Straaler, der under almindelige Forhold udøver de kraftigste fysiologiske Virkninger, naar der ses bort fra de grønne Planters Kulsyreassimilation. At Organismer under særlige Forhold (ved Sensibilisering) kan blive yderst følsomme ogsaa overfor de røde, gule og gulgrønne Straaler, vil nedenfor blive omtalt.

Vi skal da se lidt nærmere paa de direkte Virkninger af de enkelte Straalearter og navnlig af de blaa-ultraviolette. Og da Livsfænomenerne altid staar i nøjeste Forbindelse med kemiske og fysiske Processer, kan vi muligvis i Lysets Indflydelse paa saadanne — selv om de foregaar udenfor den levende Celle — finde Forklaring paa visse biologiske Lysvirkninger.

Som bekendt er de fleste Farver lidet holdbare i Lys, og dette gælder ikke mindst de Farvestoffer, der dannes i de levende Væsener, som f. Eks. Bladgrønt (se S. 157), Blodfarvestoffet (Hæmoglobin) m. fl. Kun fordi de bestandig nydannes — og her mærkværdigvis ogsaa ofte ved Lysets Medvirkning — af de levende Celler, holder de sig i Lys, men i Virkeligheden ødelægges de samtidig, saa, naar Cellen dør, af- og omfarves de hurtigt. Disse Forandringer skyldes kemiske Omsætninger, sædvanligt Iltninger, Reduktioner eller ogsaa dybere gaaende Spaltninger, som Lyset er i Stand til at fremkalde. Blandinger af Luftarterne Klor og Sumpgas (Methan), der ellers kun langsomt paavirker hinanden, forener sig i direkte Sollys under Eksplosion og danner Klorbrinte (Saltsyre) og frit Kulstof. De ædle Metallers Klor- og Bromforbindelsers uhyre store Følsomhed for de blaa-violette Straaler — af hvilke de reduceres — er jo vel bekendt fra den udstrakte Anvendelse, man gør heraf i Fotografien. Og en Række fysiske Ændringer i Stoffernes Tilstand kan ogsaa skyldes Lysvirkninger.

Aage Meisling har for nylig i et Par overordentlig interessante Arbejder paavist, hvilke Forandringer den til Dyrkning af Mikroorganismer og i den fotografiske Teknik saa meget anvendte Gelatine (Husblas) samt Gummi o. l. Stoffer kan undergaa ved Lysets (og særlig de blaa-ultraviolette Straalers) Indvirkning. Saa-

danne Stoffer er paa forskellig Maade følsomme overfor Lyset. De forandres baade fysisk og kemisk. De hører til den Gruppe Forbindelser, man kalder Kolloider, der har en udpræget Evne til at suge Vand til sig, hvorved de bulner ud, flyder hen og synes at gaa i Opløsning. Men ved Belysning aftager denne Egenskab hos dem, saa de bliver ligesom fastere og mindre tilbøjelige til at adsorbere Vand. Ved delvis at belyse en Plade, overtrukken med Gelatine, kan man, naar den senere vædes med Vand paa c. 30 Grader i nogle Minutter, se de ikke belyste Steder hvælve sig op i Reliefform, fordi de har bevaret deres Tiltrækning til Vand usvækket, medens de belyste Steder optager des mindre Vand, jo stærkere de har været udsatte for Lysets Paavirkning. Men i Modsætning hertil fastholder disse omvendt med desto større Kraft indblandede Farvestoffer, og kan yderligere ved nogle af disse, f. Eks. forskellige Anilinfarver, blive mere følsomme (sensibiliserede) overfor Lyset. Og Forklaringen paa disse fysiske Ændringer i Kolloiderne mener Meisling at have fundet deri, at der ved Lysets Paavirkning bevisligt ogsaa indtræder kemiske Omdannelser, bestaaende i Dannelsen af Stoffer som Formaldehyd og Brintoverilte, der snart virker reducerende, snart iltende, og derved fremkalder Synteser og Forandringer i de indblandede Farvestoffer. Da nu den Slags Stoffer, Kolloider og lysfølsomme Farvestoffer, forekommer meget udbredte i den levende Natur, og netop de omtalte Forandringer her ofte iagttages i Forbindelse med overordentlig vigtige Livsprocesser, giver den Slags Undersøgelser vigtige Bidrag til Forstaaelsen af disse.

Ti det er netop af Kolloider, hørende til Æggehvidestoffernes store Gruppe af Forbindelser, at Protoplasmaet, den levende Celleslim, hovedsageligt bestaar, og rundt omkring i den levende Natur finder vi Farvestoffer, der i sig selv er følsomme overfor Lyset, og som yderligere er i Stand til at forøge de Kolloiders Følsomhed — ved Sensibilisation — til hvilke de er knyttede.

Om Sensibilisationen i Almindelighed og overfor levende Celler i Særdeleshed maa her endnu tilføjes et Par Ord. Ti ogsaa paa dette Omraade har de sidste Aars Forskninger bragt saa meget nyt og interessant frem.

Man har længe (siden 1873) vidst, at man var i Stand til at gøre den fotografiske Plade — eller rettere de Stoffer, der anvendes til Optagelse af Fotografier — følsomme overfor de røde og gule Straaler, som ellers under almindelige Forhold kun i meget ringe

Grad paavirker den. Dette kan ske f. Eks. ved Tilsætning af forskellige, som oftest fluorescerende, Farvestoffer til de f. Eks. med Bromsølv og Gelatine overtrukne fotografiske Plader. Og det var ved Hjælp af saadanne, at Busck kunde optage Fotografier ved det Lys, der havde passeret en Haandflade eller et Haandled (se S. 170), skønt disse Legemsdele kun tillader røde og gule Straaler at trænge igennem.

Sensibiliseringen bestaar muligvis deri, at Lysstraaler af en Kvalitet bliver omsatte til Straaler af en anden Kvalitet, og herpaa kunde bl. a. ogsaa det Forhold tyde, at saa at sige alle hidtil undersøgte sensibiliserende Stoffer i et eller andet Opløsningsmiddel viser Fluorescens o: viser en anden Farve i paafaldende end i gennemfaldende Lys. Mange røde Farvestoffer fluorescerer f. Eks. grønt eller blaat, og grønne Farvestoffer som Klorofyl, der efter alt at dømme ogsaa fungerer som Sensibilisator under Kulsyreassimilationen[1]), kaster rødt Lys tilbage.

Af særlig stor Interesse er det nu, at de røde, gule og grønne Straaler kan øve samme skadelige Virkninger som de blaa-ultraviolette paa levende Celler, naar disse befinder sig i en Opløsning af en Sensibilisator eller er farvede med en saadan. En stor Mængde af den Slags Undersøgelser er i de senere Aar udførte dels paa v. Tappeiners Laboratorium i München, dels paa Finsens Lysinstitut i København (af Tappeiner, Raab, Jacobson, Busck, Georges Dreyer, Jansen, Kolster, Olav Hanssen m. fl.).

Af disse skal her eksempelvis nævnes nogle af Dreyer udførte Forsøg. Han anbragte Infusionsdyr af Slægten *Nassula* (Fig. 18) i Kvartsskaale med Vand, hvortil der blev sat saa meget af sensibiliserende Stoffer[2]), at disse i sig selv ikke udøvede nogen som helst giftig Virkning paa Forsøgsdyrene. Og dernæst belystes de fra en Kulbuelampe paa 30 Amp. og 50 Volt, saaledes at Lyset enten kun passerede Kvartsskaalens Laag (som lader alle synlige og ultraviolette Straaler passere) eller tillige enten klart Glas (der absorberer en stor Del af de ultraviolette Straaler) eller forskelligt farvede Opløsninger og Glas, der tillod flere eller færre af Spektrets Straaler at gaa igennem, saaledes:

---

[1]) Det paastaas, at man ved Hjælp af Bladgrønt ogsaa kan sensibilisere den fotografiske Plade.

[2]) Hyppigst anvendtes Erythrosin, et rødt fluorescerende Farvestof, f. Eks. i Opløsninger paa 1 : 8000 i destilleret Vand.

5 % Nikkelsulfatopløsning, der lader de røde, orange, gule, grønne, blaa og nogle violette Straaler passere;

blaat Glas, som lod blaa, violette samt en Del gule og grønne og mange røde Straaler passere;

3 % ammoniakalsk Opløsning af Kobbersulfat, som lader blaaviolette, blaa og nogle gulgrønne Straaler passere, men dog langt færre af sidstnævnte end det blaa Glas;

5 % Opløsning af monokromsurt Kali, som lader røde, orange, gule og gulgrønne Straaler passere; og

5 % Opløsning af tvekromsurt Kali, som lader røde, orange og gule Straaler passere.

Og samtidig undersøgtes Lysets Indflydelse paa Infusorier, til hvilke der ikke var sat nogen Sensibilisator. Den paagældende *Nassula*-Art er som flere andre lavere Dyr og Planter yderst følsom overfor Lyset, saaledes at den endogsaa dræbes, hvis den i nogen Tid udsættes for direkte Sollys; men dels virker de forskellige Straalearter i saa Henseende med meget ulige Styrke, dels bliver Forholdet helt vendt om, naar der eksperimenteres med sensibiliserede Dyr. Resultatet af DREYER's Forsøg fremgaar af følgende Tabel:

Naar Lyset havde passeret	Drabstid for *Nassula*	
	Sensibiliserede	Normale Dyr
Kvartslaaget	10 Sekunder	100 Sekunder
Klart Glas	10 —	9 Minutter
5 % Nikkelsulfat	10 —	13 —
Blaat Glas	25 —	14 —
3 % Kobbersulfat	50 —	20 —
5 % monokromsurt Kali	10 —	70 —
5 % tvekromsurt Kali	10 —	110 —

Det ses heraf, at Dyrene ved at blive sensibiliserede er blevne langt følsommere for alt Slags Lys end ellers og navnlig da overfor rødt og gult Lys, medens de mærkeligt nok er blevne forholdsvis mindst følsomme overfor de blaa og violette Straaler. — Paa lignende Maade forholdt en Bakterie (*Bacillus prodigiosus*) sig, om end dens relative Følsomhed overfor forskellige Straaler var en Smule afvigende.

Andre Forsøg af DREYER, tildels i Forbindelse med JANSEN, og af KOLSTER har givet os vigtige Oplysninger om Lysets Indvirkning paa højere Dyrs sensibiliserede Væv. Disse Forskere har som Forsøgsobjekter anvendt Kaniner, Mus og Frøer, som fik indsprøjtede en ellers uskadelig Dosis af en Erythrosinopløsning, hvorefter man belyste enten Øret (paa Kaninen), et Stykke af den afhaarede Hud (af Mus), Tungen (paa Frøer) eller Halen (af Haletudser). Og alle disse Dyr blev nu i saa høj Grad paavirkede af Lyset, at dette selv efter ganske kort (nogle Minutters) Indvirkning fremkaldte de alvorligste Forstyrrelser eller endogsaa Drab af Vævsbestanddele i saadanne Dybder, hvortil kun de røde, gule og grønne Straaler er i Stand til at trænge (se S. 170). Paa Frøtungen, der kunde belyses lokalt paa et lille Omraade af $^1/_4 \times {}^1/_2$ ctm.'s Størrelse, kunde man endogsaa følge Forandringerne direkte under Mikroskopet, og som almindeligt Resultat af alle disse Forsøg kan der da angives følgende:

Først indtræder der en Udvidelse af Blodkarrene og en forøget Blodtilstrømning (Hyperæmi) til disse, dernæst Udtræden af Blodserum (serøs Infiltration) i Vævene, samtidig med at der dannes Blodpropper i Haarkarrene og de mindre Kar. Senere begynder de hvide Blodlegemer at vandre ud af Karrene, de røde at falde hen, alt imens Blodfarvestoffet i Blodpropperne antager en grønligbrun eller grønlig Farve, og Blodvæsken siver ud igennem Karvæggene. Det belyste Sted kan svulme stærkt op, gaa i Betændelse og Cellerne i Hud-, Muskel- og Kirtelvæv dø (ved Nekrose). Ødelæggelsen kan med andre Ord blive fuldstændig, omend som oftest begrænset til de netop belyste Steder, og strække sig til betydelige Dybder, fordi de rødgule Straaler kun i forholdsvis ringe Grad absorberes af de overfladiske Cellelag; men da den i Reglen ikke synes at gaa ud over Nervevævet, er den af en forholdsvis godartet Karakter, saa Organismen efter Belysningens Ophør vil være i Stand til efter kortere eller længere Tids Forløb at reparere Skaden ved Nydannelser og Fjærnelse af de ødelagte Vævsbestanddele.

Hvor Forsøgsobjekterne ikke var sensibiliserede, var Lysvirkningerne vel af en lignende Art som ovennævnte, men dog af en langt mere overfladisk Karakter, og dette kunde da ogsaa let bringes i Overensstemmelse med det Faktum, at de da næsten

udelukkende fremkaldtes af de ultraviolette Straaler, der jo slet ikke formaar at trænge i Dybden.

Dreyer og Jansen har endvidere vist, at de omtalte Lysvirkninger virkelig bestaar i en direkte Paavirkning af de belyste Væv og ikke sekundært fremkaldes gennem Nervereaktioner: ti Over. skæring af sympatiske, vasomotoriske eller sensitive Nervetraade paa Kaniner havde ikke nogen paaviselig Indvirkning paa Lysreaktionernes Indtræden og Forløb.

Lignende Fænomener som de her ved Kunst fremkaldte er jo forøvrigt vel kendte fra det daglige Liv. Naar Folk om Foraaret eller paa klare Sommerdage pludseligt udsættes for meget stærkt Lys, eller hvis de under Bjærgvandringer o. l. naar op i Højder, hvor Sollyset er meget rigere paa ultraviolette Straaler end i Højde med Havets Overflade, faar de ofte en lettere eller alvorligere Betændelse i Huden, der paa særlig sarte og udsatte Steder, f. Eks. Læberne, kan gaa over i smertende Saar; og efter et saadant Lysbad vil man tillige ofte se, at de overfladiske Hudcellelag ligefrem dræbes og skaller af. En nærmere Undersøgelse vil endvidere vise en stærk Udvidelse af de overfladiske Haarkar, som kan holde sig længe efter den stærke Belysnings Ophør og fremtræde som en Rødme (et Erythem) i Huden.

Men der vil saa tillige i Reglen ogsaa optræde et særligt Farvestof (Pigment) i Hudcellerne, det, der giver solbrændte Mennesker deres brunlige Lød, og som i sine Ekstremer bl. a. forlener Negrene med deres sorte Hudfarve. Saa snart dette Farvestof er dannet, viser Huden sig at have langt større Modstandskraft mod Lysstraalerne end før, idet Pigmentet ved Absorption af de skadelige Straaler hindrer disse i at trænge i Dybden. Paa lignende Maade fungerer selve Hudvævene med deres Haar-, Fjer- og Skælbeklædning og desuden Blodfarvestoffet, hvorfor, som før nævnt, de blaa-ultraviolette Straaler paa normale (ikke sensibiliserede) højere Dyr kun har en ganske overfladisk direkte Virkning.

Men det siger sig selv, at de Organismer, der kun bestaar af en enkelt Celle, maa være langt mere udsatte for Lysstraalernes skadelige Virkning end de flercellede, med mindre de, som de med Bladgrønt o. l. Farvestoffer udstyrede encellede Alger, udnytter Lyset til Kulsyreassimilation og netop i de samme Farvestoffer har udmærkede Beskyttelsesmidler mod de skadelige Straaler. Hvor saadanne ikke findes, som hos Bakterier, mange Svampe, Infusionsdyr, Amøber o. l., hvis Celle som oftest er

farveløs, vil vi derfor ogsaa træffe den største Følsømhed overfor Lyset, som ikke alene hæmmer disse Væsener i deres Vækst og Udvikling, men i Reglen endogsaa meget hurtigt dræber dem. Dette finder i stort Omfang Sted ude i Naturen, og da mange af de paagældende Organismer hører til de skadelige, bl. a. ved at fremkalde Sygdomme hos Dyr og Planter, og det derfor er vigtigt at kunne bekæmpe dem, har Mennesket til dette Formaal ogsaa taget Lyset i sin Tjeneste som Vaaben imod dem. Af den Grund er Lysets Indvirkning paa dem bleven meget omhyggeligt studeret, og der er herigennem fremskaffet en Række vigtige og interessante Oplysninger om dets Virkning paa levende Celler i Almindelighed og dets bakteriedræbende (baktericide) Egenskaber i Særdeleshed.

Da det ogsaa her er de blaa-ultraviolette Straaler, der er de kraftigste og dem, som det i Praksis næsten udelukkende kommer til at dreje sig om, beror det saa meget paa Lyskildens Art og det Bakterierne omgivende Mediums Absorptionsevne, hvor stærkt og hurtigt Lyset kommer til at virke. Uden ellers at gaa i Detailler angaaende dette Punkt kan det som en almindelig Regel siges, at næsten alle Bakterier i livsvirksom Tilstand dræbes i Løbet af nogle Timer (eller kortere), naar de udsættes for direkte Sollys, og endnu langt hurtigere, efter nogle Minutters eller Sekunders Forløb, naar de bestraales med det koncentrerede Lys fra en kraftig elektrisk Buelampe. Ja, mange Bakterier vil endogsaa dræbes efter mindre end 1 Sekunds Belysning med kraftigt ultraviolet Lys.

Talrige Forsøg af den Art er anstillede f. Eks. med Tuberkel-, Tyfus-, Miltbrandsbakterier o. a., og sidstnævntes indtørrede Sporer, der ellers er saa modstandsdygtige mod andre skadelige Faktorer, har vist sig næsten lige saa følsomme overfor Lyset som de sporefri Baciller. Derfor dræber Lyset ogsaa ude i Naturen en overordentlig stor Mængde Bakterier og andre Smaavæsener, navnlig hvor de befinder sig i saa lavt og klart Vand, at de ikke ved at søge mod Dybden kan unddrage sig de farlige Straaler, eller hvor Vandet, som i Floder og andre Vandløb, bestandig hvirvles omkring, saa der intet Steds er Ro og Værn mod Straalerne. Paa denne Maade renser Floderne sig selv for Størstedelen af alle de utallige Bakterier, de faar tilførte fra Byernes Kloaker, saaledes at i ganske kort Afstand fra Byerne er Flodernes Bakterieinhold

overordentlig stærkt aftaget. Af de Kim, der hvirvles med Støvet op i Luften, gaar utvivlsomt ogsaa en meget stor Del til Grunde, men i den indtørrede Tilstand, hvori de her befinder sig, er mange Bakterier — og særlig deres Sporer — langt mere modstandsdygtige overfor Lysst end de fugtige Bakterier. I de allerøverste Jordlag er Bakterieindholdet af samme Grund langt ringere end i nogle Millimetres Dybde, hvor Lysstraalerne ikke formaar at trænge ned.

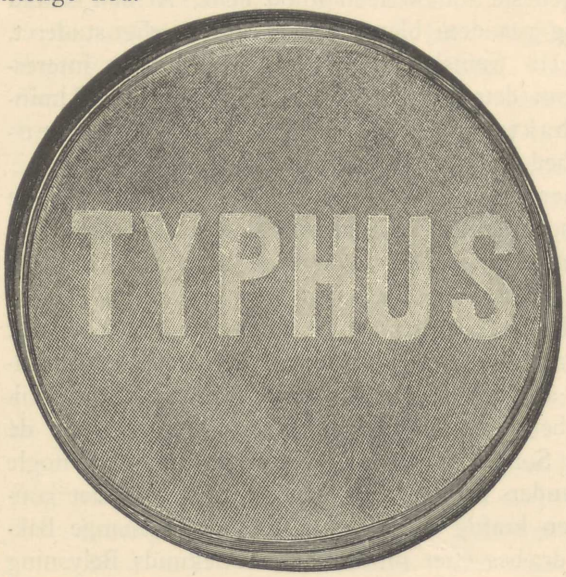


Fig. 89. Tyfusbakteriekultur paa Kødvand-Pepton-Agar i Petriskaal, udsat for direkte Sollys i $1^1/_2$ Time, derefter henstillet i Mørke i 24 Timer. Kun paa de Steder, hvor paaklæbede sorte Papirbogstaver, dannende Ordet »Typhus«, har beskyttet mod Lyset, er Bakterierne voksede frem. Noget formindsket.

Hvor hurtigt og prompte Lyset er i Stand til at dræbe Bakterier, gjorde H. BUCHNER let anskueligt ved følgende Forsøg. I saakaldte Petriskaale med et tyndt Lag Kødvands-Pepton-Agar udsaaede han ligeligt fordelt over hele Overfladen en Kultur af Tyfusbakterier. Paa Skaalenes Underside klæbede han sorte Papirbogstaver, som dannede Ordet »Typhus«, og efter at have vendt Skaalene om, saa Bundene vendte opad, lod han dem belyse fra 1—$1^1/_2$ Time af direkte Sollys eller i 5 Timer af spredt Dagslys. Derpaa blev Kulturerne stillede i Mørke i 24 Timer, og skønt Lyset var bleven betydeligt svækket (navnlig ved Absorption af ultraviolette Straaler) under Passagen gennem Glasset og Agarlaget, voksede Bakterierne kun frem paa de Steder, der havde været bedækkede med Papirbogstaverne, og Ordet »Typhus« traadte her frem med skarpe Konturer, medens alle Bakterier udenfor var dræbte (Fig. 89).

En praktisk Anvendelse af Lysets bakteriedræbende Evne var det, Niels Finsen gjorde sig fortjent ved at anvise, da han med saa stort Held indførte Lysbehandling mod den frygtede Lupus og andre Hudsygdomme. Lupus er som bekendt en tuberkuløs Lidelse, der i sine første Stadier er lokalt begrænset til Huden og de overfladiske Legemsdele. Derfor er det muligt at naa og dræbe Tuberkelbakterierne her ved Lysstraaler. Men hvor Bakterierne findes dybere i Vævene eller i Legemets Indre, vil en Lysbehandling være omsonst udover den styrkende Indflydelse paa Legemet, den i Almindelighed kan have; ti de dræbende Straaler kan, som før nævnt (se S. 170—71), kun gennemtrænge de allerydeste Cellelag.

Overmaade interessant er det, at hvis man nogen Tid belyser et gennemsigtigt Næringssubstrat for Bakterier, som Bouillon, Urin, en Peptonopløsning o. l., der indeholder sammensatte organiske Kvælstofforbindelser, vil senere indsaaede Bakterier ikke kunne udvikle sig deri før lang Tid efter Belysningen. Dette beror paa, at Lyset sønderdeler Kvælstofforbindelserne saaledes, at der optræder Stoffer, som er Gifte for Bakterierne. Efter V. Bie's Undersøgelser skal det her dreje sig om Dannelsen af Brintoverilte, andre har ment, at der ogsaa skulde optræde Ozon, Myresyre o. l. Og man har endelig i saadanne Stoffers Dannelse villet finde en Forklaring paa Lysets bakteriedræbende Evne. Men denne holder dog ikke Stik. Ti Bie har vist, at Bakterier dræbes endnu hurtigere, naar de belyses opslemmede i en 5 % Druesukkeropløsning og i destilleret Vand, end i en Peptonopløsning, og i det destillerede Vand kan der i hvert Fald ikke være Tale om en Brintoveriltedannelse, saa Drabet i saa Tilfælde maa skyldes en direkte Virkning af Lysstraalerne.

Man har endvidere paastaaet, at Lyset kun skulde virke dræbende under Nærværelsen af fri Ilt. Efter Bie's indgaaende Undersøgelser virker de ultraviolette Straaler dog dræbende, selv om der ikke er mindste Spor af fri Ilt tilstede; men naar Lyset ved Absorption berøves disse Straaler, foregaar Drabet ganske vist hurtigere ved Tilstedeværelsen af fri Ilt end ellers, og Forskellen synes at blive des større, jo færre kortbølgede (blaa-violette) Straaler Lyset indeholder, idet alle Spektrets Straalearter nemlig i og for sig er bakteriedræbende. —

Hvad der saaledes er oplyst om Lysstraalernes Indvirkning paa dyriske Celler og Bakterier, vil imidlertid ogsaa gælde for Plan-

ternes Celler i Almindelighed eller overhovedet for alt levende Protoplasma, naar dette ikke er beskyttet derimod ved lysabsorberende Farvestoffer. Efter kortere eller længere Tids Belysning vil der indtræde de alvorligste Forstyrrelser i Cellernes Funktioner og Struktur eller endogsaa Døden. Men det maa dog fremhæves, at ligesom de forskellige Organismer er ogsaa de forskellige Cellers Protoplasma meget forskelligt følsomt, at den enkelte Celle ogsaa er dette paa forskellige Stadier af dens Udvikling, samt at den efterhaanden — under Kampen imod og Tilvænningen til Lyset — kan erhverve sig en større Modstandskraft, end den oprindelig var i Besiddelse af. Enhver kender dette fra Stueplanternes Liv. Af en Plantes Blade vil de, der har udviklet sig i Skygge, ofte hurtigt gaa til Grunde, naar de pludselig udsættes for stærkt Lys, medens de, der senere bryder frem, modstaar dettes Indvirkning.

Paa ganske samme Maade som Dyrene — ved Pigmentdannelse i Huden, ved Haarbeklædning, Skæl, Kitinpansere osv. — er beskyttede mod Lyspaavirkning, er Planterne det ogsaa. F. Eks. opfattes almindeligvis de røde Farvestoffer, der ofte er aflejrede i Bladenes Overhudsceller og særlig under saadanne Forhold, hvor enten Plantens Modstandskraft er ringe (unge Skud, Foraarsløvet o. l.), eller Lyset meget rigt paa skadelige Straaler (højt oppe i Bjærgene, i Troperne og i Egne med meget tør Luft), som Beskyttelsesmidler mod for stærkt Lys. Hertil kommer ofte Haardannelser (som hos Dyrene), Voksaflejringer, en meget tyk, forkorket Ydervæg i Overhudscellerne, Forhold i Bladbygningen, Stillingen af Blade, der f. Eks. kan veksle i Løbet af Dagen med Lysstraalernes Retning, selve Planternes Fordeling og Forekomst osv., der altsammen staar i den nøjeste Forbindelse med Lysvirkninger. Og alle de Organismer, der er i Stand til at flytte sig fra Stedet, vil altid opsøge den for dem gunstigste Belysning og unddrage sig de skadelige Straaler. Ja, selv Smaaorganer som Bladgrøntlegemerne kan inde i Cellen skifte Plads og Form efter den herskende Lysstyrke og Lysstraalernes Retning.

Saaledes er da Kampen mod Lyset staaende overalt i den levende Natur, og der kæmpes med mange forskellige Vaaben. Men samtidig kæmpes der ogsaa for og om Lyset saavel af den enkelte som mellem de forskellige Organismer, fordi denne Naturkraft dog er af saa afgørende Betydning for alles Eksistens.

At mange Organismer hærdes og styrkes under denne Kamp mod Lyset, tør sikkert anses for givet (se S. 164), og dette turde maaske danne et rationelt Grundlag for Anvendelsen af Lysbade (saavel Sol- som elektriske Lysbade) til Styrkelse af Legemets Sundhed i Almindelighed og til Helbredelse for en Række nervøse og andre Lidelser, uden at man dog endnu er i Stand til i Enkelthederne at udrede Lysets Virkemaade her.

Det vilde i det hele taget være for tidligt at forsøge paa at opstille almengyldige Teorier for Lysets Virkemaade paa det levende Stof. Dertil er vor Kundskab om de Processer, det udløser, endnu alt for mangelfuld. Kun for en enkelt Virknings Vedkommende ved vi lidt nøjere Besked, nemlig de langbølgede (røde og gule) Straalers Betydning for de Opbygningsprocesser (Synteser), der finder Sted under Kulsyreassimilationen. Men ellers er man mest tilbøjelig til at betragte Lysvirkningerne som hovedsageligt bestaaende i en Hæmning af de andre Opbygningsprocesser, der foregaar i enhver levende Celle samtidig med Nedbrydningen af det organiske Stof paa en saadan Maade, at der stadig opretholdes en vis Ligevægt mellem disse modsat løbende Stofskifteprocesser. Det vilde forøvrigt ligge nær at antage, at Tilførsel af Lysenergi ligesom Tilførsel af Varme virkede fremskyndende paa Nedbrydningsprocesserne, f. Eks. paa Aandedrættet. Men mærkeligt nok har man ikke hverken hos højere Planter eller hos Svampe kunnet paavise nogen nævneværdig Stigning i dettes Intensitet ved Belysning, naar man omhyggeligt har sørget for at udelukke Lysstraalernes Varmevirkning. Ganske vist gaar en Del Forsøg, der er anstillede med vintersovende Pattedyr, hvor den nervøse Paavirkning maa antages at være bragt ned til et Minimum, ud paa, at Kulsyreproduktionen er betydeligt større i Lys end i Mørke. Men omfattende Forsøg, der er anstillede med andre Dyr og med Mennesker (bl. a. af K. A. Hasselbalch) har, skønt man her paa Grund af Lysets inciterende Virkning netop skulde vente sig positive Udslag, snart vist en hæmmende og snart en — altid kun meget ubetydelig — fremmende Indflydelse paa det respiratoriske Stofskifte. Ligesom af Sølvsalte synes Lyset oftest at fremkalde Reduktionsprocesser af organiske Stoffer, men man har dog foreløbig ikke tilstrækkelige Holdepunkter for den ogsaa nærliggende Antagelse, at Lysenergien i Almindelighed af den levende Celle skulde kunne udnyttes som Kilde til omfattende

Synteser (som ved Kulsyreassimilationen), og i hvert Fald gælder dette næppe for de blaa-ultraviolette Straalers Vedkommende.

Røntgen- og Radiumstraalernes Indvirkning paa de levende Væsener spiller næppe nogen nævneværdig Rolle ude i Naturen, selv om de her maaske optræder hyppigere, end man hidtil har fundet (se S. 152—53). Men da man lærte deres ejendommelige Evne til at gennemtrænge faste, uigennemsigtige Legemer at kende, og det samtidig konstateredes, at de ogsaa øvede en stærk Indvirkning paa den levende Organisme, vaktes der straks store Forhaabninger angaaende deres Anvendelighed til Helbredelse for Sygdomme o. l. Man haabede navnlig ved Hjælp af dem at skulle blive i Stand til at ramme de sygdomsvækkende Snyltere, der tager Plads i Legemets Indre, hvor de almindelige Lysstraaler ikke naar hen. Men det gjaldt da først at faa afgjort, om de nu ogsaa som disse havde Evne til at dræbe Bakterier o. l. skadelige Smaaorganismer, og dette helst uden i for høj Grad at skade Værtorganismens Celler. I saa Henseende maa det dog vist imidlertid siges, at man foreløbig er bleven dybt skuffet.

Det har nemlig vist sig, at saavel Røntgen- som Radiumstraaler virker langt svagere udviklingshæmmende og dræbende paa Bakterier end Lysets ultraviolette Straaler, men at derimod visse Væv (de lymfoide) og Celler (som de hvide Blodlegemer) i det dyriske Legeme har en ganske specifik Følsomhed og ringe Modstandsevne overfor dem. Forsøg med Mus og Marsvin har givet til Resultat, at allerede efter tre Timers Behandling med Røntgenstraaler begynder Celler i Milten, i Lymfekirtler og i Tarmfollikler at gaa til Grunde, og at Ødelæggelsen af disse er fuldstændig efter 24 Timers Forløb. Og Bestraaling af Testikler og Ovarier med Røntgen- og Radiumstraaler fører til Sterilitet hos Dyr, saaledes at der f. Eks. ingen udviklingsdygtige Sædlegemer findes i Sædsekretet.

Fra disse o. l. Forsøg har man dog naturligvis ikke Lov til at slutte, at de paagældende Straaler slet ingen Betydning skulde kunne faa for Behandlingen af indre Sygdomme. Forskellige Mineralvandes gunstige Virkning har man saaledes været tilbøjelig til at henføre til deres Indhold af Radiumemanation, og muligvis vil en nærmere Efterforskning heraf give mere lovende Resultater end dem, man hidtil har opnaaet, fordi man nu er i Stand til

kunstigt at forøge Emanationsindholdet i saadanne Vande og derigennem radioaktivere hele Legemet.

Paa den menneskelige Hud virker Røntgen- og Radiumstraaler paa lignende Maade, men ogsaa langt svagere end Lysstraaler, ved at fremkalde Rødme, let Pigmentering, efterhaanden Betændelser og Infiltrationer, og her, som for det meste, har Radiumstraalerne en betydelig kraftigere Virkning end Røntgenstraalerne. Disse sidste synes dog i enkelte Tilfælde, f. Eks. overfor Hudsygdomme som Favus og Psoriasis, at have en specifik gunstig Virkning. Og endelig maa det ikke glemmes, hvilken uhyre stor Betydning for Lægekunsten Røntgenfotograferingen har faaet til at paavise indre Svulster, Benbrud, fremmede Legemers (Kuglers, Naales o. l.) Plads i Legemet m. m. Ved Hjælp heraf kan Diagnosen for mange Sygdomme hurtigt og sikkert stilles, og Kirurgen hente en ypperlig Vejledning ved Operationer.

Naturligvis har man ogsaa prøvet Røntgen- og Radiumstraalernes Indvirkning paa Dyrs og Planters Trivsel i Almindelighed og paa enkelte Livsvirksomheders Forløb i Særdeleshed, med det Resultat, at der hersker en ret stor Forskellighed m. H. t. Følsomheden overfor dem, og at de kan have en baade hæmmende og fremmende Indflydelse paa vigtige Livsytringer. Mange lavere Dyr, som Amøber og Infusionsdyr, kan endogsaa oplives ved en kortvarig Bestraaling og skades først efter mange Timers Indvirkning. Frø af Snerle, Brøndkarse og Hirse spirer hurtigere end ellers, naar de bestraales, hvorimod Æg af Spolorm, Søpindsvin og Silkespinderen hæmmes i deres Udvikling, og Larver af Salamandre og Tudser misdannes derved. Hvis Kyllinger bestraales, hæmmes Knogler og Fjer i deres Udvikling, og særlig Radiumstraaler hæmmer stærkt de højere Planter i deres Vækst. —

Der synes saaledes at være stor Lighed mellem Røntgen-, Radium- og de almindelige Lysstraalers Virkemaade. Men saa længe man end ikke kender de førstes Bølgebredde og mulige Plads i Spektret, er man langt fra at kunne give nogen Forklaring paa deres Virkninger ud over den almindelige, at de, som Tilførsel af Energi i Almindelighed, let forstyrrer Ligevægten i de labile levende Molekuler.

Elektricitetens skadelige Indvirkning paa Organismerne. De elektriske Spændinger, der kan herske i Atmosfæren, og de Udladninger, som kan finde Sted mellem denne og Jorden, vil ret

naturligt ogsaa i høj Grad komme til at paavirke de levende Væsener, da Udladningerne meget ofte netop sker igennem dem. Det er tidligere (S. 160) omtalt, hvorledes svage elektriske Udladninger synes at have en overordentlig gunstig Indflydelse paa Plantevæksten, men bliver disse Fænomener voldsommere, f. Eks. naar de fremtræder som Lynnedslag, kan de som bekendt blive skæbnesvangre for de Organismer, der rammes af dem. Og dette er mellem Aar og Dag ikke saa ganske faa.

Bl. a. synes Træerne at øve en vis Tiltrækning paa Lynene, men de forskellige Træarter i ulige Grad. Og den Maade, paa hvilken de rammes, er forøvrigt ogsaa højst ejendommelig. Der hersker nogen Uenighed om, hvilke Træer der er mest udsatte for Lynnedslag, da Spørgsmaalet i sig selv ikke er saa let at afgøre. Træartens Hyppighed, om den forekommer fritstaaende eller i sluttet Bestand, Blandingsforholdet med andre Træer, deres Højde osv. spiller med ind her. Men en Statistik, der er udarbejdet for Fyrstendømmet Lippe-Detmolds Skovdistrikter, giver et Billede, der vistnok i Hovedsagen falder sammen med den gængse Opfattelse. Af 16988 Hektarer Skov var

Bevoksningen	Hektarer	Af Lynet ramte Træer i Løbet af 16 Aar	Pr. 100 Hektarer ramte Træer	Forholdstal med Bøg = 1
Bøg	10609	47	0,44	1
Eg	2756	271	9,84	22,4
Gran	2426	40	1,65	3,8
Fyr	1090	83	7,61	17,3
Birk	107	5	4,67	10,6

Desuden blev 26 andre Nedslag, fordelte paa indblandet Ask, Lærk, Poppel, Pil og Akacie, iagttagne, og sikkert er en Del svagere beskadigede Træer undgaaede Opmærksomheden.

Det fremgaar af denne Statistik, at Eg, Fyr og Birk rammes langt hyppigere end Bøg og Gran, uden at man endnu sikkert kan angive Grunden dertil. Den Formodning er opstillet, at Egens og Fyrrens lange Pælerod skulde frembyde særlig gunstige Ledningsforhold ved at rage ned i Grundvandet (og Birken forekommer jo mest paa fugtig Jord), og nogle har ment at finde en Sammenhæng mellem Træernes Mangel paa Fedt og de hyp-

pige Nedslag. Men begge disse Forklaringer synes at være enten utilstrækkelige eller ogsaa ganske misvisende.

Mærkeligt nok synes Træernes Form ikke at være af saa stor Betydning, ti i saa Fald skulde man vente at finde de høje Graner med deres fritstaaende spidse Topskud særligt udsatte for Lynfaren. Naar et Træ rammes, sker dette nemlig ikke altid i Toppen, men ofte først et Stykke nede paa Hovedstammen eller ogsaa gennem en af Sidegrenene. Lynet følger nu i Reglen det fugtige, ledningsdygtige Barklag og yngste Ved og fremkalder her Sprængninger, der kan være mere eller mindre voldsomme, kan føre til Afrivning og Bortslyngning af kraftige Grene, undertiden endogsaa til Brud paa Tværs af Stammen, og idet det følger Rødderne ned i Jorden, kan det paa en karakteristisk Maade oprive denne. Men Antændelse eller blot Svidning af Træet er yderst sjældne, og større Træer gaar ikke altid ud ved Lynskader, selv om de er ramte flere Gange.

Anderledes med Dyrene, der rammes af Lynet. De dør i de allerfleste Tilfælde deraf, enten fordi Nervesystemet ødelægges, eller Hjærtet rammes. Ja, man maa vel antage, at den kraftige elektriske Ladning fordeler sig til alle Legemets let ledende Organer og kan bevirke mangehaande Forstyrrelser. Og ofte kan det iagttages, hvorledes Huden er sveden i Striber svarende til Lynets Vej. Nu til Dags rammes jo forøvrigt ogsaa hyppigt baade Dyr og Mennesker ved uforsætlig Berøring med højspændte elektriske Ledninger, overfor hvilke Dyr mærkeligt nok skal have en ret forskellig Modtagelighed. Og som bekendt anvendes den elektriske Strøm i visse Lande ogsaa til Henrettelse af Mennesker.

Det er imidlertid ikke altid, at de elektriske Spændinger i Atmosfæren giver sig saa voldsomme Udslag som Lyn og Torden, men man ved, at der ogsaa jævnligt foregaar svagere, saakaldte stille, Udladninger. St. Elmsilden, der i mørke Nætter — ogsaa ofte om Vinteren — viser sig som lysende Buske fra spidse, fritstaaende Genstande eller Haarene af Dyr, hører herhen, og andre endnu stærkere Udladninger fra lavthængende Skyer, men uden Tordenbulder, er kendte. Og sikkert maa der ofte regnes med Udladninger saa svage, at de ikke giver Anledning til noget Lysfænomen. Ti skønt der vides meget lidt herom, er det en Kendsgerning, at mange Mennesker og Dyr er yderst følsomme for Atmosfærens elektriske Tilstand. Før og under et Tordenvejr bliver mange urolige og føler fysisk og psykisk Ubehag, antageligt

fordi Nervesystemet i høj Grad paavirkes, og der utvivlsomt da sker Udladninger af Elektricitet fra Atmosfæren til Jorden gennem den dyriske Organisme. Men disse stille Udladningers Indvirkning paa denne er, saa vidt mig bekendt, endnu ikke nærmere studerede.

Derimod foreligger der fra de sidste Aar en Del meget interessante Undersøgelser over de stille Udladningers skadelige Indflydelse paa Trævæksten. Den tyske Plantepatolog v. TUBEUF gjorde den Iagttagelse, at i Aarene 1901—02 blev paa særligt udsatte Steder — Klippetoppe, skarpe Bjærgrygge o. l. — i de bayerske Alper en stor Mængde af de højeste Træer i Bestand af Naaletræer toptørre, ɔ: hele den øverste Del af dem døde bort. Dette fandt Sted baade i yngre Bevoksninger paa c. 8 Meters Gennemsnitshøjde og i ældre paa c. 30 Meters Højde, men dog saaledes, at det fortrinsvis var de Træer, der ragede lidt op over Naboerne, som var de angrebne. En nærmere anatomisk Undersøgelse af de ødelagte Skud viste nu den for »Lynspor« i Kork og Baststrænge karakteristiske Brunfarvning, medens ingen anden Aarsag (Svampe- eller Insektangreb) til Skuddenes Hendøen kunde paavises. Og naar kun Topskuddene og de øverste Sideskud var døde, kom det af, at paa de nedre, tykkere Dele af Stammerne havde den elektriske Strøm fordelt sig saaledes, at ikke alt levende Væv var bleven paavirket. Men da de paagældende Beskadigelser havde fundet Sted om Vinteren, skønt intet Tordenvejr med saa mange Udladninger var iagttaget i de hjemsøgte Distrikter, mente TUBEUF at maatte forklare Sagen ved en Række svagere elektriske Udladninger fra lavt hængende Skyer til de af Sne og Regn vædede Topskud, og saadanne elektriske Uvejr skal netop være særligt hyppige i Vintertiden. For at begrunde sin Antagelse lod han dernæst anstille Forsøg med kunstigt frembragte elektriske Gniststrømmes Indvirkning paa smaa Naaletræer, og han kunde her konstatere ganske det samme Fænomen med Indtræden af Toptørhed og det samme anatomiske Billede af de angrebne Skud, som han havde iagttaget ude i Naturen.

Er TUBEUF's Forklaring af de her omhandlede Forhold rigtig, — og den synes overmaade vel begrundet — vil den være af vidtrækkende Betydning. Den vil da antageligt bl. a. faa til Følge, at Jordens elektriske Klima og dets Indflydelse paa Organismerne bliver nærmere undersøgt, saaledes som det ogsaa fortjener at blive det.

Den kunstige Anvendelse af Elektricitet til Behandling af Sygdomme vil det ligge uden for denne Bogs Rammer at komme nærmere ind paa. Det skal blot anføres, at Bakterier kun i meget ringe Grad lader sig direkte paavirke af selv de kraftigste elektriske Strømme (f. Eks. Vekselstrømme paa 800,000 Svingninger pr. Sekund). Og naar man har opnaaet at sterilisere Vædsker ved at sende en elektrisk Strøm igennem dem, har dette beroet paa Strømmens sekundære Virkninger (Temperaturforøgelse, Dannelsen af Bakteriegifte som Brintoverilte og Ozon ved Elektrolyse), der ogsaa kan hidskaffes ad anden Vej.

4. Mekaniske Kræfter.

Der findes maaske ingen Form for Energi i Naturen, som ikke har Betydning for de levende Væseners Eksistens, enten fordi den direkte udnyttes af dem og saaledes bliver et Livskrav for dem, eller fordi den griber forstyrrende ind i Livsmaskineriets Bygning og Funktioner. Organismen er derfor i sin Struktur dels indrettet paa at frembyde Angrebspunkter for forskellige Energiformer, dels paa at modstaa pludselige Ændringer i den Styrke, hvormed disse optræder.

Foruden som Varme, Lys, Elektricitet m. m. optræder Energien ogsaa som forskellige Former af mekanisk Energi o: som bevægende Kraft. Nogle af disse Kraftformer, som den almindelige Tiltrækning (Tyngden), Adhæsions- og Diffussionskræfter virker konstant mellem Materiens Stofgrupper og med en Styrke, der staar i Forhold til Legemernes Masse og indbyrdes Nærhed. Andre derimod opstaar — mer eller mindre periodisk — som Følge af Energiomsætninger, idet f. Eks. kemisk Energi, men navnlig Varme, omsættes i Bevægelse. Saaledes vil Tilførsel eller Forbrug af Varme kunne have betydningsfulde Ændringer i Legemernes Tilstandsformer og Rumfangsforhold, forbunden med Udfoldelsen af stor mekanisk Kraft, til Følge, f. Eks. naar Vand gaar over fra flydende til luftformig eller til fast Tilstand, hvorved i første Tilfælde den stærke Forøgelse i Molekulernes levende Kraft (Ekspansionsevne) og i sidste en mere begrænset, men dog betydelig Rumfangsforøgelse (fra c. 9 til 10) er Resultatet.

Det er jo navnlig den fra Solen udstraalende Varme, der faar Vandet paa Jordens Overflade til at bevæge sig i Dampform op i Atmosfæren; men det Vand, der siver ned igennem Jordskorpen, kan ogsaa blive omsat til Damp ved Varmen fra Jordens Indre, hvorved Jordskælv, vulkanske Udbrud o. l. Udfoldelse af vældig mekanisk Energi kan indtræde. Og naar Vandet i Revner og Sprækker i Jorden eller i Organismernes saftfyldte Væv fryser til Is, sker Rumfangsforøgelsen med en saadan Kraft, at henholdsvis Klippeblokke kan sprænges, Bjærgskred finde Sted, og de levende Vævs og Cellers Struktur ødelægges. De Vandmolekuler, der i Dampform er løftede højt op i Luften, vil desuden, naar de igen der fortættes til Regn eller Sne, udvikle stor mekanisk Kraft under deres Fald mod Jordoverfladen og deres videre Transport fra højt beliggende Steder gennem Floder og Vandfald mod Indsøer og Have. Og naar Sneen paa Bjærgene smelter ved Solvarmens Indvirkning, omsættes dens hvilende (potentielle) Energi i bevægende (kinetisk) Kraft, idet Vandet nu flyder ned ad Bjærgenes Sider og ligesom Regnen samler sig i Bække, Aaer og Floder.

Ved Ændringer i Temperaturen og dermed i Luftens og Vandets Vægtfylde indtræder de storslaaede Bevægelser i Atmosfæren og Havet, Vindene og Havstrømmene, som maaske mere end noget andet gør Opfattelsen af mekanisk Energi levende for os. Naar Luften opvarmes, udvider den sig, bliver lettere og stiger til Vejrs, og sker dette lokalt, dannes der et Vindcentrum, et Minimum, mod hvilket den koldere Luft blæser fra alle Sider. Til visse Tider af Aaret indtræder der næsten konstante Temperaturforskelligheder, navnlig mellem Fastlandene og Havene, og som Følge heraf indtræder da ogsaa regelmæssige Vinde som Passaterne o. a., der blæser i en bestemt Retning i bestemte Maaneder af Aaret. Men forøvrigt er det jo en bekendt Sag, hvorledes baade Vindstyrken og Vindretningen kan veksle til Stadighed, om end med en vis Lovmæssighed, paa mangfoldige Steder af Jorden, og navnlig i Bjærgegne indtræder der ofte ganske pludseligt voldsomme Vinde (Føhner), der kan rase paa et ret begrænset Omraade.

Det er ogsaa hovedsageligt Vindene og Temperaturdifferenser i Vandmasserne, som betinger Havstrømmene, men disse løber dog med langt større Regelmæssighed, baade hvad Farten og Retningen angaar, end Vindene. Og det er næppe saa meget i Kraft af deres mekaniske Virkninger, de faar Betydning for Organismerne —

omend de naturligvis ogsaa herigennem øver stor Indflydelse paa disses Vandringer og Udbredelse — som ved deres øvrige Egenskaber (deres særegne Temperatur og Saltholdighed). Men derimod er der en anden Slags Bevægelse i Vandet, den af Vinden foraarsagede Bølgebevægelse og navnlig Brændingen ved Kysterne, der faar Betydning for Dyre- og Plantelivet ved deres mekaniske Virkninger.

Endelig kan den enkelte Organisme i høj Grad blive paavirket af de mekaniske Kræfter, som andre Organismer producerer, eller, rettere sagt, der maa ogsaa regnes med den rent mekaniske Paavirkning, de forskellige Organismer udøver paa hinanden.

Under Omtalen af de enkelte mekaniske Kraftformers Indflydelse paa Organismen vil det være umuligt at holde deres sekundære Virkninger ude, saaledes f. Eks. Vindens fordampningspaaskyndende og afkølende Indflydelse, der maaske kan være langt mere afgørende end dens mekaniske Virkninger, og i den følgende Behandling af de enkelte her nævnte mekaniske Kræfter vil derfor ogsaa saadanne vigtige ledsagende Faktorer blive berørte.

Tyngde og ydre Tryk.

Paa Grund af **Jordens Tiltrækning** eller **Tyngden** vil alle Organismer være bundne til dens faste Overflade eller til de allerøverste løsere Jordlag, med mindre deres Vægtfylde er saa ringe, at de kan bæres oppe af de Vandmasser, der bedækker store Dele af Jorden, eller de ved særegne Flyde-, Svømme- eller Flyveorganer er i Stand til selv at holde sig svævende i elier paa Vandet eller i Luften. Der gives næppe nogen Organisme, hvis Vægtfylde er mindre end den atmosfæriske Lufts, saa for at den skal kunne hæves op i denne, maa den enten selv foretage Bevægelser (ɔ: producere mekanisk Energi), eller den maa være saaledes udstyret, at den kan lade sig rive med af Luftstrømninger. Er det sidste Tilfældet, vil den derfor altid i fuldkommen stille Luft falde mod Jorden. Derimod er der mange Dyr og Planter, hvis Vægtfylde er mindre end Vandets, navnlig det saltholdige Havvands, og de forekommer derfor ogsaa naturligt i og paa dettes Overflade som saakaldet Svæv (Plankton, se S. 112 og senere). Og i det hele taget vil det være langt lettere, ɔ: kræve meget mindre mekanisk Kraft, for en Organisme at hæve sig op i det forholdsvis

tunge Vand end i den lette atmosfæriske Luft. De fleste levende Væseners Vægtfylde er kun lidet større end Vandets, men dettes er næsten 800 (nøjagtigere 773) Gange større end Luftens. For at hæve sig op i denne, som Fugle, Insekter og enkelte Øgler, Fiske og Pattedyr er i Stand til, kræves der dels særlige Flyveapparater (Vinger) med meget store Flader, dels Udfoldelsen af en vældig Muskelkraft, og som oftest er de paagældende Dyrs Legemer endda yderligere udstyrede med luftfyldte Rum (hule Knogler, Luftsække o. l.), hvorved deres Vægtfylde betydeligt formindskes.

Noget anderledes forholder det sig med den fremadskridende Bevægelse i Luften og i Vandet. Her bliver den ringe Modstand, som den rolige Luft frembyder i Forhold til Vandets, nærmest en Fordel for »Luft«- og Landorganismerne. De sidste (ɔ: de ikke flyvende) har jo ogsaa Luftens Modstand at regne med under deres Bevægelser, men for at bryde den er dog intet bestemt Princip i deres Legemsbygning saaledes gennemført som f. Eks. hos de svømmende Vandorganismer. Disses Legeme er næsten altid spidst kileformet, og da enten vertikalt (som en Baad) eller horizontalt fladtrykt og uden Fremragninger, der ikke kan lægges ganske tæt ind til Legemet. Hos de Dyr, der flyver meget hurtigt, som f. Eks. Fuglene, vil man finde en lignende spids, baadformet Legemsform, og Tilløb til en saadan kan ogsaa iagttages hos hurtigt løbende Dyr (Mynder, Gazeller o. l.).

De Organismerne omgivende Mediers Vægtfylde, der jo igen er et Udtryk for den Kraft, med hvilken disse tiltrækkes af Jorden, griber saaledes dybt ind i Organismernes Legemsbygning og i deres Evne til at bevæge sig fra Stedet. Men ogsaa paa anden Maade paavirkes disse af Tyngdekraften.

Af Cellens Bestanddele vil de mere vægtfyldige (Cellekærne, Krystaller, Stivelsekorn o. l.) have en Tendens til at synke ned gennem det tyndflydende Cytoplasma i Tyngdekraftens Retning, og dette kan muligvis udløse Pirringer af forskellig Art. Og selve den Retning, i hvilken den fastsiddende Plante vokser, i mange Tilfælde ogsaa den, i hvilken fritbevægelige Mikroorganismer bevæger sig, kan være bestemt af Tyngdekraften. Det er nemlig i Virkeligheden denne, der faar Planternes overjordiske Hovedskud til at vokse lodret opad, altsaa lige modsat Tyngdekraftens Retning (negativ Geotropisme), og Hovedroden til at vokse nedad (positiv Geotropisme), ja endog den, der faar de for-

skellige Sideskud paa Stammen og Roden til at vokse med bestemte Vinkler mod den lodrette Linje (transversal Geotropisme). At dette forholder sig saaledes, kan bevises ved Forsøg, i hvilke man anbringer en Plante vandret og lader den rotere om sin egen Akse. I saa Fald kommer Tyngdekraften til at virke ligeligt paa alle Sider af Planten, og denne vil da vokse lige ud, som om den ikke var paavirket af nogen Kraft, medens den fra den vandrette Stilling hurtigt vil bøje sig, med Stænglen opad og Roden nedad, naar den ligger stille. Det er ligeledes ved Forsøg paavist, at mange fritbevægelige lavere Dyrs og Planters Bevægelser lodret op eller ned (negativ og positiv Geotaksis) skyldes en Indvirkning af Tyngdekraften.

Men paa endnu en Maade kommer denne Kraft til at gribe dybt ind i Organismernes Livsførelse, nemlig ved det store Tryk, som de nederste Luft- og Vandlag i Kraft af deres Vægt kommer til at øve paa dem. Da disse Tryk i samme Højde eller Dybde er nogenlunde konstante, maa Organismerne være tilpassede til at kunne taale dem, og et andet Spørgsmaal bliver det saa, om de ogsaa vil være i Stand til at undvære helt eller delvis det Tryk, under hvilket hver især til daglig lever, eller hvor store Svingninger heri de uden Skade kan udsættes for.

Lufttryk. Ved normal Barometerstand er det Tryk, som den atmosfæriske Luft udøver paa Genstande i Højde med Havets Overflade, c. 1 Kilogram pr. Kvadratcentimeter eller saa meget, som en 10 Meter høj Vandsøjle eller en 0,76 Meter høj Kvægsølvsøjle af samme Grundflademaal vilde udøve. Og da f. Eks. et voksent Menneskes samlede Overflade udgør c. 2 Kvadratmeter, vil der herpaa fra Atmosfæren udøves et Tryk af c. 20,000 Kilogram. Naar vi under almindelige Forhold ikke mærker noget til dette kolossale Tryk, kommer det af, at Safterne og Luftarterne i vort Legemes Celler reagerer herpaa med et netop lige saa stort Modtryk, der holder Ligevægt med Atmosfærens. Det samme er Tilfældet med alle andre levende Væseners Legemer, der befinder sig under samme Forhold, saaledes bl. a. ogsaa med en vægløs Slimsvamps Protoplasmamasse eller et tyndskallet Æg, som af den Grund ikke bliver sammenpressede af Lufttrykket.

Men stiger man til Vejrs, enten op ad Bjærge eller pr. Luftballon eller Luftskib, saa vil man finde, at det atmosfæriske Tryk aftager forholdsvis hurtigt, saaledes at det i 5500 Meters Højde

kun er cirka det halve af, hvad det er ved Havets Overflade, skønt man regner, at Atmosfæren strækker sig til en Højde af henved 100 Kilometer. Det er jo nemlig saa, at de øvre Luftlag med deres Vægt trykker paa de nedre og presser dem sammen, idet Luftarterne som bekendt ikke har noget bestemt Rumfang, men udbreder sig over en hvilken som helst Beholder og lader sig presse sammen, indtil de gaar over i Vædskeform[1]). I en Luftblanding som Atmosfæren, der hovedsageligt bestaar af Ilt og Kvælstof i et Rumfangsforhold af c. 1:4, virker hver af disse Luftarter med et Tryk (Partialtryk), der svarer til deres Rumfangsprocent, altsaa her for Iltens Vedkommende med c. $^1/_5$, for Kvælstoffets med c. $^4/_5$ af det samlede Tryk. Og dette Forhold vil holde sig uforandret, enten Luften fortyndes eller sammenpresses. Naar f. Eks. Iltens Partialtryk ved normal Barometerstand (760 mm) udgør c. 160 mm[2]), vil det i en Højde af 4000 Meter, hvor der hersker et Normaltryk af c. 470 mm, kun være c. 100 mm.

Spørgsmaalet bliver nu, hvorledes de levende Væsener vil forholde sig under forskellige Lufttryk, og hvorvidt de kan taale pludselige Forandringer i dette. Og da der i Naturen aldrig bliver Tale om større Tryk end c. 800 mm (vistnok det højeste, man hidtil har maalt), men derimod — og navnlig nu, da Luftsejladsens Tidsalder synes indledet — om en stærk Formindskelse af Lufttrykket, vil det sidste have en ganske særlig Interesse — som det forøvrigt altid har haft med Henblik paa Livet i Bjærgregioner.

En mindre, kunstig, Forøgelse af Lufttrykket synes ikke særlig skadelig for Organismerne, hvis indre Modtryk hurtigt opnaar at etablere Ligevægt dermed. Ved en Sammenpresning af Luften til over $2^1/_2$ Atmosfærers Tryk synes mærkværdigvis Planterne at vokse hurtigere end ved normalt Tryk. Dette hænger maaske sammen med den stærke Forøgelse i Iltmængden; ti anbringes Planter i almindelig Luft under 5 Atmosfærers Tryk, vil dette have samme Indflydelse paa dem, som hvis de befandt sig i en ren Iltatmosfære under normalt Tryk. Men heri vil de dog, skønt

---

[1]) At bringe Luftarter i Vædskeform lykkes dog kun, naar der samtidig med et bestemt Tryk (det kritiske Tryk) anvendes en bestemt lav Temperatur (den kritiske Temperatur), der f. Eks. for Atmosfæren i det højeste maa være $\div$ 140°.

[2]) Iltprocenten i Atmosfæren er ikke nøjagtigt 20, men 20,9, eller omtrent 21, som der her er regnet med.

Aandedrættet ikke paavirkes synderligt herav, efter nogen Tids Forløb gaa til Grunde. Dyr skal endogsaa kunne holde sig i Live i atmosfærisk Luft, der er sammenpresset til 15 Atmosfærer, men anbringes de i ren Ilt under 3 Atmosfærers Tryk, dør de mærkeligt nok hurtigt under Kvælningsfænomener som ved Iltmangel.

Bliver Lufttrykket pludseligt formindsket, f. Eks. hvis man pumper Luften ud af en Glasbeholder, i hvilken man har anbragt en Mus, vil man kunne se denne sprænges paa Grund af det stærke indre Tryk, der da ikke faar Tid til at udligne sig med det ydre, men ved langsommere Forandringer er det sikkert ogsaa i første Række Formindskelsen af den disponible Iltmængde, der gør sig gældende. Enhver, der har foretaget Bjærgbestigninger, vil allerede ved en c. 2000 Meters Højde have mærket, hvorledes Aandedræt og Puls bliver hurtigere, for at Blodet kan forsynes med den fornødne Iltmængde, og Folk med Hjærtefejl taaler som oftest slet ikke at færdes i den tynde Luft. Imidlertid kan Mennesker med normalt Hjærte gaa langt højere til Vejrs. Saaledes er Amerikas højeste Bjærgs, Aconcaguas' Top (7040 Meter), besteget 2 Gange (i 1897 og 1906); en Dame, Fru Bullock-Workmann, naaede med to Førere i 1906 op til 7056 Meters Højde i Himalaya-Kæden, og i 1907 satte to Normænd, Studenterne Rubenson og Monrad Aas, den hidtidige Rekord for Bjærgbestigning ved at naa op paa Bjærget Kabru i Himalaya til en Højde af 7306 Meter. Men herfra er der endnu et godt Stykke til Toppen af Jordens højeste maalte Bjærg, Himalaya-Toppen Gaurisankar, der skal være 8840 Meter høj, og det er vist tvivlsomt, om noget Menneske nogensinde til Fods vil kunne naa derop. — Efter Wieler og Jaccard skal forskellige Blomsterplanter have to Lufttryksoptima for Vækst, foruden det før nævnte ved over $2^1/_2$ Atmosfærer et andet ved c. 100—200 Millimetres Kvægsølvtryk.

Vel synes Dyr (og Mennesker?) i nogen Tid at kunne taale en Formindskelse af Lufttrykket til c. $^1/_3$ af det normale, men hvor skæbnesvangert dette kan blive, viser en Ballonfart, som Tissandier, Sivel og Spinelli foretog fra Paris i 1875. De tre Mænd, der medførte Ilt til Indaanding, havde selvregistrerende Apparater, der viste, til hvilken Højde de var komne, med sig, og deres Opstigning forløb paa følgende Maade. Ved 7000 Meters Højde var der endnu intet i Vejen med dem, men ved 7500 Meter følte de en tiltagende

Svækkelse og Apathi, der snart steg til fuldstændig Lammelse, skønt de endnu var ved klar Bevidsthed. Vilkaarlige Bevægelser kunde de ikke mere udføre, og heller ikke kunde de benytte Tungen til at tale med. Ved 8000 Meter tabte TISSANDIER Bevidstheden. Da Ballonen var dalet til 7059 Meter, vaagnede han igen. Nu kastede SPINELLI Sand ud, for at Ballonen ikke skulde falde for hurtigt, men derefter steg den igen, og alle tre tabte Bevidstheden. Da TISSANDIER atter vaagnede ved 6000 Meter, var begge hans Ledsagere døde, og han selv havde for bestandig mistet Hørelsen. Ballonens Instrumenter viste imidlertid, at de havde været oppe paa en Højde af 8500 Meter eller betydeligt over en dansk Mil. Den 4. Decbr. 1894 naaede imidlertid BERSON i Ballon op til 9150 Meter og undgik ved Hjælp af komprimeret Ilt ethvert Ildebefindende, men da han den 31. Juli 1901 sammen med en Ledsager satte den hidtidige Rekord for Luftopstigning ved at naa op til 10300 Meters Højde, havde begge Luftskipperne dog været bevidstløse i denne Højde.

Hvad der foruden de her beskrevne Symptomer forøvrigt karakteriserer den tynde Lufts Indflydelse paa Organismen, er — ved de pludselige Forandringer — bl. a. en Tilbøjelighed til Blødninger paa Grund af Overtrykket inde i Vævene. Hos Dyr og Mennesker, der lever i Højlandene, skal Blodets Indhold af røde Blodlegemer, der fungerer som Overførere af Luftens Ilt under Aandedrættet, være betydeligt større end hos dem, der færdes i Lavlandene, og hos et Individ, der herfra flytter op i Bjærgene, skal Mængden af Blodlegemer efter nogle Maaneders Forløb forøges i tilsvarende Grad.

Naar næppe andre Organismer end Mennesket naar saa højt som de omtalte Bjærgbestigere og Luftskippere (Fugle som Kondoren skal dog kunne stige til lignende Højder), er det, fordi andre Faktorer end den tynde Luft, og da navnlig den lave Temperatur, som hersker i disse Højder. sætter en Grænse herfor. Selv under Ækvator er jo Bjærge paa 4—5000 Meter bedækkede med evig Sne, og mange andre klimatiske Faktorer end Varmen, som det stærke paa blaa-ultraviolette Straaler rige Sollys, den store Lufttørhed og hastige Fordampning, den voldsomme Udstraaling m. m. frembyder yderst ugunstige Kaar for Livets Udfoldelse. Men saa højt oppe som paa Toppen af Finsteraarhorn (4275 Meter) har man dog fundet en blomstrende Plante *(Ranunculus glacialis)*, i Vest-Thibet vokser en anden Blomsterplante *(Saussurea tridactyla)*

endnu ved 5800 Meters Højde, og paa Toppen fra Kilimandscharo (6010 Meter) kender man en Del Lavarter. Sikkert nok er det dog ikke just det lave Lufttryk, men mere de andre ovennævnte skadelige Faktorer, der tildels er en Følge af dette, som præger Organismerne og sætter Grænsen for deres Udbredelse i Højden.

Vandtryk. Naar en 10 Meter høj Vandsøjle udøver samme Tryk som hele den ovenstaaende Atmosfære, maa det blive kolossale Tryk, der hersker ved Bunden af dybe Søer og Have. For hver 1000 Meters Dybde virker Vandmasserne altsaa med 100 Atmosfærer og paa den største hidtil maalte Havdybde af 8340 Meter med altsaa ikke mindre end 834 eller egentlig 835 Atmosfærer, da den over Vandet staaende Lufts Vægt ogsaa maa regnes med. Alt, hvad der befinder sig paa saadanne Dybder, er da til Stadighed underkastet et lige saa stort Tryk fra alle Sider, men ikke desto mindre har man truffet levende Væsener paa de største Dybder af Have og Søer, fra hvilke det er lykkedes at faa Bund- og Vandprøver op. Det er baade Fisk, Krebsdyr, Orme, Brakiopoder, Bakterier m. fl., som forekommer der; men den Gruppe af levende Væsener, der benytter Lyset til deres Ernæringsvirksomhed (de grønne, røde Planter m. fl.), vil være udelukkede fra at trives, hvor der hersker evigt Mørke (se S. 112).

For at undgaa at blive sammenpressede af det uhyre Tryk maa de paagældende Organismers Legeme udøve et lige saa stort Modtryk indefra, og mærkeligt nok synes flere af dem at være i Stand til at regulere dette saa hurtigt, at de kan foretage op- og nedadgaaende Bevægelser over betydelige Afstande. Nogle Fisk kan saaledes taale Dybdedifferenser paa indtil 2000 Meter, og nogen udpræget Forskellighed synes der ikke at være paa Faunaen i forskellige Dybdezoner, naar undtages netop den Del af Bunddyrene, der ikke svømmer eller sværer frit omkring. Men dog er det almindeligt, at Fisk og andre Dyr, der tages op fra Bunden med Redskaber, er voldsomt udspilede, paa Grund af det store indre Overtryk, naar de kommer op til Overfladen af Vandet. Indvoldene kan være pressede ud af Svælget, Øjnene fremstaaende, Skællene spærrede ud fra hverandre osv. Men naar de ogsaa ofte dør under denne Transport, saa menes dette dog snarere at foraarsages ved den pludselige Forandring i Temperaturen, som de herved udsættes for, end fordi det indre Tryk i og for sig

dræber dem (se Noten S. 136). Ti Trykforskellighederne kan, som før nævnt, forholdsvis hurtigt udlignes.

Der er udført en hel Række Undersøgelser over, hvorledes Vandtryksforøgelser og -formindskelser virker paa forskellige Dyr og Bakterier, især af Franskmanden REGNARD og hans Elever. De frembragte kunstige Tryk paa indtil 1000 Atmosfærer ved Hjælp af en hydraulisk Presse og iagttog, hvorledes forskellige Dyr og Bakterier samt disses enkelte Livsfunktioner lod sig paavirke af Stigning og Fald i Trykket. Orme, Bløddyr, Krebsdyr og Aktinier (Søanemoner) forøgede deres Volumen og Vægt ved Vandoptagelse i Vævene meget betydeligt under stigende Tryk, Søanemonerne f. Eks. indtil det dobbelte, hvis Trykket i Løbet af en Time bragtes op til 1000 Atmosfærer. Men alle Livsvirksomheder syntes forøvrigt at standse ved det høje Tryk, uden at dog Livet udsluktes, hvis der kun anvendtes en kort Forsøgstid. Ved atter at formindske Trykket, kunde Dyrene »vaagne til Liv« igen i Løbet af en 5—6 Timer, og deres Rumfang tog da igen lidt efter lidt af. — Udsatte man Frømuskler for Tryk paa 600 Atmosfærer, forøgedes deres Rumfang ogsaa betydeligt ved Vandoptagelse, og allerede ved 400 Atmosfærer var de blevne saa stive og ubevægelige, at de ikke lod sig pirre til Sammentrækning selv af den stærkeste galvaniske Strøm. Infusorier som *Vorticeller, Paramæcium* og *Colpidium Colpoda* (Fig. 72) indstillede deres Fimrebevægelser allerede efter 10 Minutters Forløb ved 600 Atmosfærer, og REGNARD mente tillige at have iagttaget, at Gærsvampe og Bakterier hørte op med deres Gæringsvirksomhed ved Tryk mellem 400 og 700 Atmosfærer. Herefter skulde der paa store Havdybder slet ikke foregaa Gærings- og Forraadnelsesprocesser. Han bygger da paa disse Undersøgelser en Teori, som dog vist næppe er rigtig, om, at høje Tryk ligesom meget lave Temperaturer skal bringe Livet i en Dvaletilstand, fra hvilken det igen kan bringes til at pulsere paa sædvanlig Maade, hvis Trykkene ikke faar Lov at virke i længere Tid; ti i saa Tilfælde synes de altid at have Døden til Følge.

Andre Forskere (ROGER, CERTES) er imidlertid komne til noget andre Resultater, i hvert Fald for Bakteriers Vedkommende. De paastaar, at Forraadnelsesbakterier fortsætter uforstyrret deres Livsvirksomhed ved Tryk paa 300—500 Atmosfærer, og at Miltbrandsporer hverken mister deres Virulens (Evne til at fremkalde Miltbrand) eller deres Spiredygtighed ved 24 Timers Ophold under

600 Atmosfærer. Ja, Dyrkningen af visse Bakterier skal endogsaa kunne foregaa uden mindste Gêne ved Tryk paa 3000 Atmosfærer. Hermed stemmer da ogsaa Fundet af Bakterier i Slam fra meget store Havdybder, hvor der sandsynligvis sker samme Omsætning i døde Dyrs Legemer som ellers overalt i Naturen.

Om en Formindskelse under det normale af en given Vandmængdes Tryk kan der ikke blive Tale som for Luftarternes Vedkommende, da Vædsker har et begrænset Rumfang, en meget ringe Elasticitet og ikke lader sig fortynde i samme Forstand som Luftarterne. Men man kan ophæve det Tryk, som Atmosfæren altid udøver paa Vandet, ved at pumpe Luften ud af den Beholder, hvori det findes. Og dette vil forøvrigt have til Følge, for det første, at de Luftarter (Ilt, Kvælstof, Kulsyre), der er absorberede af Vandet, undviger, hvilket vilde være skæbnesvangert for de Organismer, der maatte befinde sig i Vandet, og dernæst, at Vandet selv kan gaa over i luftformig Tilstand og blive til Vanddampe, da Kogepunktet kun under normalt atmosfærisk Tryk ligger ved 100°, men aftager med Luftens Tæthed, saa Vand ved nogle faa Millimeters Kvægsølvstryk koger allerede ved almindelig Temperatur, ved 4 Millimeters Tryk endogsaa ved 0°. Herom bliver der vel ikke Tale i Naturen, men normale Svingninger i Barometerstanden menes dog at have en kendelig Indflydelse paa Vandets Indhold af Luftarter og navnlig af Kulsyre, der ved lav Barometerstand gaar over i Atmosfæren (se Side 92 øverst).

Adhæsion, Absorption, Diffusion og Osmose.

Adhæsion. Herved forstaas Legemers indbyrdes Vedhængning eller den Kraft, med hvilken forskellige Legemers Smaadele tiltrækker hinanden[1]). Hvor stor denne Kraft er, afhænger ikke, som ved det, man kalder den almindelige Tiltrækning, af Legemernes Masse og deres Afstand fra hinanden, men af Legemernes Art og deres Smaadeles Struktur. Og den gør sig kun gældende ved direkte Berøring, eller naar Afstanden er mindre end $\frac{1}{10000}$—$\frac{1}{20000}$ Millimeter; men saa kan den ogsaa undertiden virke med en saa betydelig Styrke, at der kræves et meget stort me-

[1]) Hvad man kalder Adsorption og Overfladespænding, hører ogsaa til denne Kategori af Kræfter, som man tilsammen ofte benævner ved Overfladeenergi.

kanisk Arbejde for at fjærne to Legemer, der paa denne Maade er komne i Berøring, fra hinanden. Den kan ogsaa være større end de enkelte Legemers specifike Sammenhængskraft, f. Eks. mellem Glas og Vand, hvor den overvinder Vandmolekulernes indbyrdes Sammenhæng og faar en Vandoverflade i en Glasbeholder til at hvælve sig konkavt mod Glassets Sider, eller Vandet til at stige op til betydelige Højder i snævre Haarrør, i hvilket Tilfælde man benævner Adhæsionen for Haarrørskraft (Kapillaritet). Den kan saavel gøre sig gældende mellem faste Legemer indbyrdes som mellem disse og Vædsker eller Luftarter, og den Kraft, med hvilken disse indlejres mellem det faste Legemes Smaadele, kan endogsaa være saa stor, at disse sidste skydes ud fra hverandre, saa det faste Legeme forøger sit Rumfang, men dog kun til en bestemt Grænse.

Det er bl. a. netop en karakteristisk Egenskab for mange af de faste Stoffer, der dannes af den levende Celle, at de ved Berøring med Vand optager dette og derved bulner ud (ved saakaldet Imbibition). Man tænker sig, at de organiserede Stoffer er byggede op af Smaadele (Miceller)[1]), paa hvis Overflade Vandet lejres i saa tykt et Lag, at den indbyrdes Tiltrækning (Sammenhængskraften) mellem dem netop holder Ligevægt med deres Tiltrækning til Vandmolekulerne, idet den sidste aftager hurtigere med Afstanden end den første, men dog forskelligt efter det faste Legemes Art. Det er derfor ikke altid lige store Mængder Vand, de forskellige faste Legemer indsuger (imbiberer), men Udbulningsevnen er en bestemt Størrelse for hvert især. Nogle, som forkorkede Cellevægge, optager kun meget lidet Vand, medens andre, som forslimede Cellevægge, kan optage flere Hundrede Gange deres egen Vægt. Men altid er det dog kun en begrænset Vandmængde, der indsuges, saaledes at Udbulningen standser paa et bestemt Punkt, der naaes med større og mindre Hastighed, eftersom Temperaturen er høj eller lav.

Vandoptagelsen kan ske med saa stor en Kraft, at den kan overvinde flere Atmosfærers Tryk, og de praktiske Følger heraf er derfor vel kendte fra Træværks Udbulning i Vand eller i fugtig Luft, der ofte kan have Sprængninger til Følge. Det er nemlig ikke alene de levende Cellebestanddele, der har denne Indsug-

[1]) Disse tænkes betydeligt større end Molekulerne, men dog for smaa til, at man kan se dem.

ningsevne overfor Vand, men denne holder sig ogsaa efter Døden, saa længe en vis Struktur i Stoffet er bevaret. Naar et med Vand imbiberet Legeme befinder sig i en Luft, der ikke er mættet med Vanddampe, vil Vandet igen afgives, og en Rumfangsformindskelse (Skrumpning, Sammentrækning), der ofte er forbunden med Revning, indtræde.

Vandoptagelsen ved Udbulning er forskellig fra den, der finder Sted i porøse Legemer alene gennem Haarrørskraften, hvor der ikke sker nogen Rumfangsforøgelse, og fra Opløsningsprocesser, hvor Vand indlejres i ubegrænset Mængde mellem Molekulerne af et fast Stof. Men Haarrørsvirkninger og Imbibition, der begge er Udslag af Adhæsionskræfter, virker forøvrigt ofte samtidigt, hvorunder de første fremskynder Udbulningen ved at bringe Vandmolekulerne i den for denne nødvendige Nærhed af det faste Legemes forskellige Smaadele. Sammen med Imbibitionskraften virker ogsaa ofte Diffusionskraften eller den osmotiske Energi, som nedenfor vil blive omtalt, f. Eks. naar Frø udbulner i Vand.

Eksempler paa Kolloidernes Adhæsionsevne overfor Vand og Farvestoffer samt Lysets Indflydelse paa Ændringer heri er nævnte S. 171—72.

For de levende Celler er deres Imbibitionsevne af den allerstørste Betydning og ganske uundværlig for hele Livsvirksomheden. Ti af Vandoptagelse og Vandindlejring mellem Cellens Smaadele afhænger alle Livsytringer, da det levende Stof kun herigennem kan opnaa den nødvendige Bevægelighed og indlede de kemiske Reaktioner, der er uadskilleligt forbundne med Livsvirksomhed i det hele taget. Hermed indledes f. Eks. Frøs og Sporers Spiring, idet de ved at indsuge saa store Vandmængder, at de endog undertiden fordobler deres Rumfang eller mere, anlægger sig et Forraad af Vand, som Kimplanten kan tære paa, indtil den i sine Rødder har udviklet særlige Vandoptagelsesorganer. Og naar Livsvirksomheden er i fuld Gang, er det igen Adhæsionskræfter, der er medvirkende ved Vandtransporten fra Celle til Celle, saa hele Organismens Legeme kan forsynes fra de Kilder, med hvilke kun enkelte Organer staar i direkte Berøring.

Den Adhæsion (Adsorption), der kan gøre sig gældende mellem faste Legemer og Luftarter, kan ogsaa være af overordentlig Betydning for de levende Celler. Luftarterne kan herigennem fortættes paa Overfladen af Smaadelene i de faste Legemer, under hvilken Proces der — som ved Imbibitionen af Vand — kan

frigøres en betydelig Mængde Varme. Flere porøse Legemer (som Trækul og Platinsvamp) er bekendte for den Kraft, hvormed de indsuger og fastholder Luftarter, og i den levende Celle vil vi i lignende saakaldte Katalysatorer, hvortil mange Enzymer (Fermenter) henregnes, finde Stoffer, hvis store Betydning for Livsvirksomheden ofte ligger deri, at de ved Overfladetiltrækning bl. a. kan binde store Mængder af fri Ilt og gøre denne disponibel for de andre Cellebestanddele til Aandedrætsvirksomhed. Det antages almindeligt, at de røde Blodlegemers Farvestof (Hæmoglobinet) netop virker paa denne Maade som Iltoverfører til Legemets forskellige Væv. Og lignende Stoffer synes at være vidt udbredte i Planteriget (se Noten S. 67). —

Adhæsionskræfterne spiller en overordentlig vigtig Rolle for Jordbundens Frugtbarhedstilstand, idet saavel Jordens Porøsitet (Kapillaritet) som dens Evne til at adsorbere Vand (Hygroskopicitet) og Luft kommer Planterødderne til Gode (se næste Afsnit).

Absorption. Et noget andet Fænomen, der navnlig gør sig gældende mellem Vædsker og Luftarter, hvorved disse sidste rent fysisk (ɔ: uden kemisk Binding) indlejres mellem Vædskemolekulerne, er Absorptionen, der følger særlige Love [1]). Den staar bl. a. i omvendt Forhold til Vædskens Temperatur og i ligefremt Forhold til det atmosfæriske Tryk, der hviler paa den. Et Stof som Vand absorberer forskellige Luftarter i meget ulige Grad og i et andet Forhold end det, hvori disse forekommer i naturlige Blandinger. Af Atmosfæren, i hvilken der findes 20,9 % Ilt og 79,1 % Kvælstof + Argon, absorberer 1 Liter Vand ved 0° og 760 Millimetres Tryk henholdsvis 8,6 og 15,8 Kubikcentimeter eller 35 og 65 %, altsaa forholdsvis mere Ilt end Kvælstof. Af rene Luftarter absorberer 1 Liter Vand under samme Forhold 49 Kbcm. Ilt, 24 Kbcm. Kvælstof, 19 Kbcm. Brint, 1,8 Liter Kulsyre og c. 1200 Liter Ammoniak [2]). Af Kulsyre absorberer 1 Liter Vand ved 15° og 760 Millimetres Tryk c. 1 Liter, ved 2 Atmosfærer c. 2 Liter, ved 3 Atmosfærer c. 3 Liter osv.

---

[1]) Ogsaa faste Legemer kan absorbere Luftarter, men dette har mindre Interesse i denne Sammenhæng.

[2]) For denne sidste Luftart lyder Angivelserne ret forskelligt: 1050, 1146 og 1300 Liter NH_3 pr. Liter Vand.

Paa flere Maader kommer Absorptionsfænomenerne til at spille en overordentlig vigtig Rolle for de levende Væsener. Alle Organismer, der lever under Vandet, er saaledes henviste til ved deres Aandedræt at benytte den Ilt og ved deres Kulsyreassimilation den Kulsyre, der er absorberede af Vandet. Det er da vigtigt, at disse Luftarter absorberes i et andet Forhold end det, hvori de findes i Atmosfæren. Og under Optagelsen og Transporten af disse Luftarter i og gennem det levende vandrige Protoplasma træder Absorptionen igen i Funktion. De Organismer, der er i Stand til at binde Luftens frie Kvælstof, bliver ogsaa først dette, naar denne Luftart ved Absorption trænger ind i Cellen. Men samtidig maa der ogsaa regnes med Diffusionsfænomener, der i flere Henseender er beslægtede med Absorptionen. —

Hvad man almindeligt kalder Jordbundens Absorptionsevne overfor opløste mineralske Plantenæringsstoffer (Ammoniak, Kali og Fosforsyre), er i Virkeligheden hovedsageligt et kemisk Fænomen, der vil finde Omtale i næste Afsnit.

Diffusion og Osmose[1]. Smaadelene (Molekuler og Ioner) i forskellige Luftarter, Vædsker og Opløsninger af faste Stoffer har den Tilbøjelighed, naar de (f. Eks. forskellige Luftarter eller forskellige Vædsker) kommer i Berøring med hinanden indbyrdes eller med faste (ikke opløste) Stoffer, at fordele sig ligeligt over det Rumfang, der staar til deres Disposition, hvorunder de da ogsaa ofte trænger sig igennem adskillende Lag eller faste Vægge, som tillader deres Passage. Disse Bevægelser kaldes Diffusion og Diosmose og kommer i Stand ved de mekaniske Kræfter, hvormed Smaadelene paavirker hverandre.

Indføres f. Eks. flere Luftarter af forskellig Vægtfylde i samme Beholder, vil de efter nogen Tids Forløb have fordelt sig ligeligt overalt i denne uden Hensyn til deres Vægt. Eller hældes Vand forsigtigt over en tungere Opløsning af et farvet Salt, kan de to Vædskeoverflader vel i Begyndelsen være skarpt afgrænsede mod hinanden, men snart efter vil Saltets Smaadele kunne ses vandre opad (til Trods for Tyngden) i Vandet og dette nedad imellem

[1]) En detailleret Fremstilling og Begrundelse af de overordentlig vigtige Love, efter hvilke disse Kræfter virker, vilde føre alt for vidt ud over denne Bogs Rammer. Der skal da her kun fremdrages nogle almindelige Forhold, medens der forøvrigt desangaaende maa henvises til fysiske, kemiske og fysiologiske Lære- og Haandbøger.

Saltmolekulerne, indtil der er fremkommen en ligelig (homogen) Blanding af begge Stoffer overalt i Beholderen.

Er to Stoffer adskilte ved en Hinde, som er gennemtrængelig for begge, vil de ligeledes blande sig ligeligt paa begge Sider af Hinden. Men er denne kun gennemtrængelig for det ene Stof (Vandet), vil man se den udspile sig som Følge af et Tryk fra den Side, hvor det andet Stof befinder sig, fordi dettes Molekuler søger at fjærne sig fra hverandre, medens Vandet trænger ind og fylder ud i deres Mellemrum. Den Kraft, hvormed et Stofs Smaadele virker mod en saadan (halvtigennemtrængelig, semipermeabel) Hinde, kaldes dets osmotiske Tryk, og dette kan være saa stort, at det andrager mange Atmosfærers Tryk. Dets Størrelse afhænger af det opløste Stofs (men ikke af Opløsningsmidlets) Natur samt af dets Koncentration og den herskende Temperatur, idet det stiger proportionalt med disse sidste. Det er dog ikke alene Koncentrationen af Stoffets Molekuler, men ogsaa af dets frie Ioner, som der maa regnes med, og dette bliver af Betydning for de Stoffer, der som Syrer, Salte og Baser kan have deres Molekuler stærk dissocierede (ɔ: spaltede i frie Ioner), hvilket igen kan maales ved deres Ledningsevne overfor den elektriske Strøm. Ved Forsøg (af Botanikerne Hugo de Vries og W. Pfeffer) er det tillige godtgjort, at Opløsninger, der ved samme Temperatur udøver samme osmotiske Tryk (er isosmotiske eller isotoniske), indeholder lige mange Grammolekuler (+ frie Ioner) i samme Rumfang. Og Kemikeren Van't Hoff uddrog deraf den Slutning, at de da i Virkeligheden i denne Henseende forholder sig som Luftarterne og følger den af Avogadro herfor opstillede Lov.

Af de Stoffer, der forekommer i Organismerne eller optages af disse som Næringsmidler, er overmaade mange i Besiddelse af Diffusionsevne og i Stand til at fremkalde betydelige osmotiske Tryk. Dette skal gælde alle de (i Vand) opløselige Stoffer, der kan krystallisere (Krystalloiderne), hvortil hører saadanne Forbindelser som Sukkerarter, Amidforbindelser, Plantesyrer og deres Salte, nogle Alkoholer og mange aromatiske Forbindelser foruden uorganiske Syrer, Baser og Salte. Endvidere har en Del flygtige Stoffer og saadanne, der ikke krystalliserer under almindelige Forhold (f. Eks. Glycerin), disse Egenskaber. Men andre vigtige Bestanddele af Cellen, som de geléagtige Kolloider[1]) (Æggehvide-

[1]) De menes forøvrigt heller ikke at kunne danne virkelige Opløsninger, men kun at bulne ud i Vand, hvorved de kan fremkalde et anseligt Udbulningstryk (se S. 198).

stoffer, Gummiarter o. l.) skal ikke være i Besiddelse at Diffusionsevne og derfor heller ikke kunne fremkalde noget osmotisk Tryk.

Og nu er netop ogsaa den levende Celle et fint konstrueret osmotisk Apparat, fordi dens Vægge og Protoplasma-Hudlag kun tillader visse Stoffer at passere (ofte endda kun i en enkelt Retning), og saaledes repræsenterer mer eller mindre gennemtrængelige Hinder. Cellen staar da i inderlig osmotisk Rapport til det omgivende Medium — hvad enten dette er Atmosfæren eller det med opløste Salte forsynede Vand (i Jordbunden) — og med Nabocellei, med hvilke den udveksler Stoffer. Fordi der bestandig vil søges opnaaet osmotisk Ligevægt mellem Cellen og dens Omgivelser. og den ved forskellige Stofskifteprocesser kan ændre og regulere sit Indhold af osmotisk virkende Stoffer, har den alene i sin Egenskab af osmotisk Apparat Mulighed for at udføre flere af dens vigtigste Stopoptagelses- og udskillelsesprocesser. Og vi forstaar da ogsaa herigennem, hvorfor kun luftformige og flydende (opløste) Stoffer kan optages og udskilles af Cellen. Men forøvrigt kan visse Stofudvekslingsfænomener ikke forklares alene ved de kendte fysisk-kemiske Love for Osmosen, bl. a. dette, at Protoplasmaets Hudlag undertiden kun er gennemtrængelige for et Stof i en bestemt Retning (ikke i den modsatte), eller at Stofudvekslingen undertiden synes at foregaa paa Trods af Osmosens Love (se herom de S. 17 nævnte Eksempler).

Det er imidlertid kun den levende Celle, der fungerer som osmotisk Apparat. Saa snart den dør, forandres Hindernes Gennemtrængelighed saaledes, at de lader alle opløste Stoffer gaa igennem i begge Retninger, og intet osmotisk Tryk kan derfor komme til at gøre sig gældende.

For saadanne Plante- og Dyreceller, der ikke har faste Vægge, spiller det osmotiske Tryk indefra en enorm vigtig Rolle til Afstivning og til Modvirkning af de store Tryk, som f. Eks. deres egen Vægt, Vinden og det omgivende Vand kan udøve paa dem. I almindelige Planteceller udgør det osmotiske Tryk (Saftspændingen, Turgor) i Regelen fra 5 til 10 Atmosfærer, sjældent gaar det under 3,5, men ofte i unge voksende Plantedele op til 20—30 Atmosfærer, og saa snart det, f. Eks. ved stærk Fordampning, synker, falder de paagældende Organer slappe (visne) sammen. Det er ogsaa ved Hjælp heraf, at Skud- og Rodspidser kan bore sig frem i Jorden under en betydelig Modstand fra dennes

faste Dele, og mange Bevægelser af fastsiddende Plantedele (Bladstilke, Støvdragere o. l.) udføres ved Forøgelse af Saftspændingen paa den ene Side af det bevægelige Organ samtidig med en Formindskelse paa den anden Side.

En Celles saftspændte (turgescente) Tilstand kan ophæves ved at lægge den i en Opløsning af større osmotisk Spænding, end den selv har. Herved trækkes der Vand ud af Cellen, den slappes, trækker sig sammen, og der indtræder, hvad man kalder Plasmolyse. Men det er ogsaa kun levende Celler, der kan plasmolyseres, og derfor har man heri ofte et bekvemt Middel til at afgøre, om Celler er levende eller ej.

Bevægelser fremkaldte ved Tilstandsændringer.

A. Ved Ændringer i Stoffernes, særlig Vandets, Tilstandsform.

Overgangen mellem de 3 Tilstandsformer — fast, flydende og luftformig —, hvori Materien kan optræde, betegner saa gennemgribende Ændringer i det enkelte Stofs fysiske Egenskaber, at de ikke alene giver sig paafaldende synlige Udslag, men ogsaa er forbundne med en omfattende Energiomsætning, under hvilken enten Varme overføres i mekanisk Energi eller denne i Varme. Dette kan med andre Ord ogsaa udtrykkes saaledes, at Molekulernes Bevægelser i et Stof bliver intensivere ved Overgangene fast—flydende—luftformig, hvorunder der forbruges Varme, men aftager under Tilstandsændringer i modsat Retning, der ledsages af Varmefrigørelse.

En særlig biologisk Interesse har i saa Henseende Ændringerne i **Vandets** Tilstandsform — fra Is til draabeflydende Vand og Vanddampe eller omvendt — fordi disse til Stadighed finder Sted i den Vandbeholdning, der findes paa vor Klode, og dette Stof jo i saa stort Omfang benyttes af de levende Væsener. Det bliver forøvrigt udelukkende dette, vi her skal beskæftige os med under Synspunktet Tilstandsformens Betydning som mekanisk Faktor[1]). Og naar disse Ændringer foregaar i Vandet baade udenfor og

[1]) Saadanne Fænomener som Æggehvidestoffernes Koagulation, Størkningen af forskellige flydende Forbindelser eller Udkrystalliseringer af opløste Stoffer har større Interesse i anden Sammenhæng, hvor de ogsaa lejlighedsvis er blevne (S. 139, 143, 172) eller vil blive berørte.

indeni Organismerne, faar de den største — saavel indirekte som direkte — Betydning for disse.

Medens de fleste andre Legemer udvider sig ved stigende Temperatur og nogenlunde proportionalt med denne, er der den Mærkværdighed ved Vandet, at det har sin største Vægtfylde (ɔ: sit mindste Rumfang) ved 4° og herfra udvider sig baade ved Opvarmning og Afkøling Og naar det gaar over fra flydende til fast Tilstand (under Frysningen), forøger det pludseligt, som nævnt S. 187, sit Rumfang fra c. 9 til 10 (Isens Vægtfylde er 0,92) under Udfoldelsen af en vældig mekanisk Energi.

Under Frysningen af Vandet ude i Naturen vil af den Grund for det første Overfladevandet fryse (ved c. 0°) før Bundvandet (paa 4°), og under Optøningen af en bundfrossen Sø, der foregaar fra oven, vil det indtil 4° opvarmede Vand kunne synke til Bunds, saa Bundisen pludselig hæver sig og river indefrosne Dyr og Planter med sig i Vejret. Og naar Vandet fryser i den fugtige Jord, vil Planternes fine Rødder kunne rives over, hvilket især bliver skæbnesvangert for dem under Nattefrost i Foraarstiden, da Rødderne er begyndte at vokse; Vintersæden lider bl. a. hyppigt herunder. — Dernæst vil Frysningen af Vand i Sprækker og Revner kunne fremkalde Sprængninger af Klipper, med ledsagende Jordskred, der igen kan løsrive, ihjelslaa og begrave talrige Dyr og Planter, foruden at saadanne Fænomener i Tidens Løb kan bevirke omfattende Ændringer i Jordens Niveauforhold (i Bjærgegne). Sammenfrysninger af den paa Bjærgene faldne Sne fører som bekendt til Gletscherdannelser med Moræneaflejringer o. l. Og endelig er Vandets Frysning en af de vigtigste Faktorer til Befordring af Forvitringen i Jordskorpen (se S. 235), idet Mineralier herved mekanisk sønderdeles og derigennem lettere angribes af det flydende Vand, af Kulsyre m. m., der bringer Plantenæringsstofferne i opløselig, disponibel, Tilstand, foruden at den forbedrer Kulturjordens fysiske Tilstand ved at gøre den skør og porøs. Paa denne Maade bliver Vinterfrosten ofte til stor Gavn for den kommende Sommers Vegetation.

Paa den anden Side kan Isens og Sneens Smeltning under Foraars- og Sommersolens Indvirkning ogsaa gøre stor Ravage mellem de levende Væsener ved den mekaniske Virkning, den udøver. Det er jo hovedsageligt den, som de naturlige Vandløb paa Jorden skylder deres Oprindelse, og idet disse med stor Kraft baner sig Vej ned ad Bjærgenes Sider, eroderer de Jorden

og river en Mængde faste Bestanddele (Jord, smaa og store Stene osv.) med sig, hvorunder ogsaa mange Planter og Dyr kan føres med. Sker Smeltningen pludselig, kan den give Anledning til Oversvømmelser i Lavlandene, naar Flodlejerne ikke er i Stand til at rumme de ekstraordinært store Vandmasser, og herved kan de mekaniske (og andre) Virkninger brede sig over større Omraader. Men endelig kan Smeltevandet ved Transport af de løsrevne Jordmasser føre til nye Landdannelser (Deltaer) ved Flodernes Udløb i Havet og i Søer. Og paa saadanne Steder skabes der særlige Livsbetingelser for talrige Dyr og Planter.

Fortætninger af Vanddampe i Luften til Regn, Dug, Sne og Hagel, der med stor Kraft falder mod Jorden, bidrager ikke alene til Fugtighedens Fordeling paa Landjorden, men vil ogsaa ofte rent mekanisk paavirke Organismerne. Vedvarende Regn, Tordenbyger, Skybrud o. l. slaar f. Eks. Sæden ned, ødelægger mange Blomster og Frugter, forhindrer Bestøvning, dræber mange flyvende Smaadyr, der ikke tilstrækkelig hurtigt kan finde Læ, osv. Stærke Snefald kan hærge Træer ved at bøje og knække Grenene (Snetryk), og de kan begrave og dræbe mange andre Planter og Dyr. Hagelskaden er jo noksom bekendt ved de mekaniske Ødelæggelser, den forvolder. Og tit kan ogsaa voldsomme Regnskyl direkte give Anledning til Oversvømmelser.

Den Vandfordampning, der sker fra frie Vædskeoverflader (Have, Søer og Floder) eller fra den fugtige Jord, er af gennemgribende Betydning for alt levende, som det vigtige Led af Vandets Kredsløb paa Jorden, den repræsenterer, men dens direkte mekaniske Indvirkning paa Organismerne er næppe saa stor, at der er nogen Anledning til at opholde sig ved den paa dette Sted.

Men endnu maa nævnes, at Ændringer i Vandets Tilstandsform ogsaa kan foregaa inde i Organismen, hvor Frysning af Safterne til Is kan føre til Sprængning af Vævene og ogsaa herigennem fremkalde Døden. I kolde Vintre kan man f. Eks. ofte i Skovene høre mægtige Drøn, hidrørende fra Træstammers Sprængning ved Frosten. — Hvilken Rolle Vandfordampningen (Transpirationen) spiller for Landorganismerne, vil blive omtalt senere.

B. Ved Vægtfylde- og Rumfangsforandringer indenfor samme Tilstandsform.

Luftstrømninger og Vinde. Som før nævnt bevirker Opvarmning og dermed følgende Rumfangsforøgelse (Vægtfyldeformindskelse) af Luften Strømninger i denne, dels opadgaaende, der hvor Minimum'et hersker, dels horizontale, fra Steder med høje til Steder med lave Lufttryk. Efter Differensen mellem disse og efter Afstandene fra Vindcentret svinger Vindenes Hastighed og dermed den mekaniske Kraft, hvormed de virker. Under heftige tropiske Storme er Vindhastigheden ofte 35—50 Meter pr. Sekund, under Stormen 1. og 2. Juledag 1902 her i Danmark var Hastigheden af enkelte Vindstød 35 Meter, hvilket dog er en ganske usædvanlig under vore Breddegrader. Men selv om det er, hvad man kalder stille Vejr, vil der dog altid være vertikale Strømninger i Atmosfæren, stærke nok til at føre mikroskopiske, indtørrede Kim (af Bakterier, Svampe, Bregnesporer, Infusorier, Hjuldyr o. l.) i Vejret, og en Række forskellige Luftstrømninger fremkaldes desuden ved Dyrenes og Maskiners Bevægelser, ved Lufttræk gennem Skorstene osv., saa man — i med Dyr og Mennesker beboede Rum i hvert Fald — aldrig kan regne med fuldkommen Luftstille.

Det mekaniske Tryk, Vindene udøver, vokser omtrent med Kvadratet paa Vindhastigheden, men afhænger dog ogsaa af Luftens Tæthed, saa det aftager med Højden. Imidlertid stiger Vindhastigheden ogsaa med Højden over Jordoverfladen eller Havet. I en Højde af 15,2 Meter fandt STEVENSON den i Reglen 3 Gange større end ved Jordoverfladen, og ved Eiffeltaarnets Top er den (efter ANGOT) 4 Gange større end i 21 Meters Højde. Disse Regler gælder dog næppe almindeligt og i hvert Fald ikke for Bjærgegnene, hvor Niveauforholdene og andre Faktorer kommer til at modificere Vindstyrken. Ude over de aabne Have er den langt kraftigere end inde over Land, og den aftager her desuden med Afstanden fra Kysterne.

De forskellige Grader i Vindstyrken udtrykkes ved særlige Betegnelser. Tilsøs anvendes den Beaufort'ske Skala, der med Tal angiver 12 Styrkegrader, som, tagne to og to sammen, omtrentlig kommer til at svare til den almindeligt anvendte Landskala. Omstaaende Tabel giver en Sammenstilling af Forholdet mellem Hastighed, Tryk og andre mekaniske Virkninger.

Beauforts Skala	Vindhastighed i Meter pr. Sek.	Vindtryk i Kgr. pr. □-Meter	Landskala	
			Betegnelse	Umiddelbare mekaniske Virkninger
0	0—1,5	0,3	Stille	Røgen stiger lige i Vejret.
1	3,5	1,5	Svag Kuling	Kan netop mærkes ved Følesansen. Bevæger en Vimpel og Bladene paa Træerne.
2	6	4,4		
3	8	7,8	Frisk —	Bevæger Bladene og de svagere Grene paa Træerne. Retter en Vimpel lige ud.
4	10	12,2		
5	12,5	19	Stiv —	Bevæger de kraftigere Grene paa paa Træerne.
6	15	27,4		
7	18	40	Haard —	Bevæger store Grene og svagere Stammer. Hæmmer Bevægelser i det Fri.
8	21,5	56		
9	25	76	Storm	Træernes Hovedstammer rystes. Grene og svagere Træer knækkes. Mindre Ødelæggelse paa Bygninger.
10	29	103		
11	33,5	137	Orkan	Tagene rives af Husene, eller disse vælter. Kraftige Træer knækkes eller rykkes op.
12	40	195		

Paa mangfoldige Maader kommer Vindene til saavel direkte som indirekte at faa Betydning for Organismerne gennem deres mekaniske Virkninger, og herpaa skal der i det følgende gives en Række Eksempler.

Da Vindene eller i hvert Fald svagere Luftstrømninger hører til de stadigt virkende Faktorer omkring paa Jorden, er mange Organismer, særlig Planter, indrettede paa at udnytte dem til vigtige Livsfunktioner. Ja, det er ikke for meget sagt, at de hører med til mange Planters uundværlige Livskrav. Det er nemlig gennem dem, at Blomsternes Bestøvning for en stor Del besørges. Talrige Plantearter eller hele Familier og Ordener, som Græsserne, Naale- og Rakletræer er »Vindbestøvere«, og det er ganske paafaldende, hvorledes disse er overvejende paa Steder, hvor Vindene blæser hyppigt og uhindret, medens de mangler, hvor der er mere rolig Luft. Paa Græssletter, paa aabne Øer, blandt Sumpplanter og høje Træer o. l. vil man finde forholdsvis mange Vindbestøvere, medens Buske og Urter i Skovbunden hovedsageligt er henviste til Insektbestøvning.

I Vindene har Planterne og de mikroskopiske Dyr tillige et overordentlig vigtigt Udbredelsesmiddel. Indtørrede Bakterier og mikroskopiske Dyr, Sporer af Svampe og Karkryptogamer samt mange smaa Frø (f. Eks. af Orkideer) kan af Luftstrømninger direkte føres hen over lange Strækninger, men ogsaa mange større Frø eller hele Planter (Jerikoroser f. Eks.) er ved Flyveapparater eller paa anden Maade indrettede paa samme Transport. De mange Frø og Frugter, der er udstyrede med Vinger eller lange Flyvehaar, som Linde-, Ælme-, Ahorn-, Birke- og Askefrugter, de Kurvblomstredes behaarede Nødder, Pile-, Bomulds-, Dueurtfrø m. fl. hører herhen, og derfor breder den Slags Planter sig ogsaa hurtigt over store Omraader. Flere Øers Flora kan kun forstaaes derigennem, at Vindene enten direkte eller med Vandet har ført Frø og Sporer fra andre Øer eller Fastlande til dem.

Ogsaa Dyrenes (Fugles og Insekters) Bevægelser kan blive bestemte af Vindene, og det bør heller ikke glemmes, hvorledes Menneskets Udbredelse og Samfærdsel befordres af denne Faktor, der i lange Tider var Betingelsen for Skibsfart og nu synes at skulle komme til at spille en vigtig Rolle ogsaa for Luftsejladsen.

Indirekte bliver Luftstrømningerne af overordentlig stor Betydning for Plantevæksten ved Fremme af Kulsyreassimilationen (ved en stadig Fornyelse af kulsyreholdig Luft) og Transpirationen, men netop ved deres stærkt befordrende Indflydelse paa denne sidste i Forbindelse med en tilsvarende Afkøling kan de dog ogsaa ofte komme til at frembyde den største Fare for Planterne (se S. 212).

Medens Luftstrømninger af en passende Styrke saaledes er en Nødvendighed for mange levende Væsener, kan stærke Vinde rigtignok paa mange Maader hæmme dem i deres Livsvirksomheder og Udvikling eller endog blive farlige for deres Eksistens. Allerede under stiv Kuling maa Fuglene tage Hensyn til Vinden under deres Flugt, i haard Kuling er denne usikker, og en Storm vil for de flestes Vedkommende hindre Bevægelser op imod Vinden. I haard Kuling maa Mennesker hælde sig for at staa fast, i Storm har man overhovedet ondt derved, og under Orkaner kan man ikke staa uden at holde sig fast. Stærke Vinde bringer derfor ofte Trækfugle ud af deres Kurs og sværmende Insekter (som Oldenborrer) kan i utallige Skarer blæses ud over Havet, hvor de gaar til Grunde.

Paa de i Jorden fasthæftede Planter kan Vindene have lige saa iøjnefaldende Virkninger (Fig. 90). Fritstaaende Træer (ved Landeveje, omkring Huse o. l.) vil i Lande med et blæsende Klima være hældende i de fremherskende Vindes Retning. Og hvis Træstammerne saavel som mange urteagtige Stængler ikke var i Besiddelse af en betydelig mekanisk Styrke og Elasticitet[1]), vilde de langt oftere, end Tilfældet er, knække under det voldsomme Tryk,

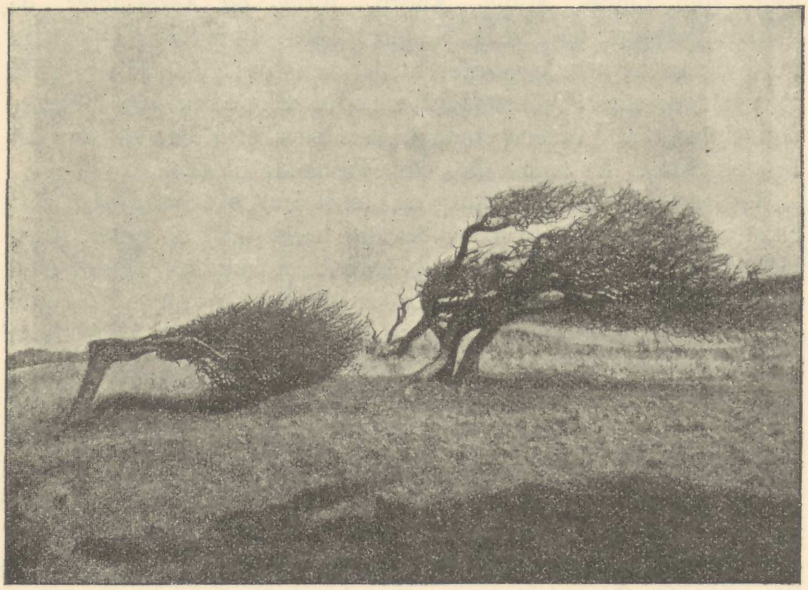


Fig. 90. Til Venstre en Slaaentorn (*Prunus spinosa*), til Højre en almindelig Hvidtjørn (*Cratægus oxyacantha*), med skæv og ensidig Vækst paa Grund af Vinden. Fra Nordsiden af Sjælland, efter Fotografi af Prof. WARMING.

som deres Kroner og bladrige Toppe kan blive udsatte for. Og alligevel ser man ofte Planterne hærgede efter en Storm: Bladene flossede, Grene og Blade afbrækkede, Stammer og Stængler knækkede, Rødder sprængte eller Træerne væltede med Rødderne paa Vindsiden dragne op af Jorden. Træer, hvis Rødder ikke gaar

[1]) Det Tryk og Drag, Vinden udøver paa Planterne, har stor Betydning for Udviklingen af disses mekaniske Væv, saa der i den Henseende vil være en iøjnefaldende Forskel mellem blæsende og rolige Voksesteders Planteverden.

dybt men breder sig i de overfladiske Jordlag, som Graner, er særligt udsatte for denne sidste Skade. Og faar Vinden først Hul paa en Granbevoksning, der staar uden Læ af andre mere modstandsdygtige Træer, vil den hurtigt kunne gøre Ravage i en saadan. Hvert Aar vil da — i vort Land i hvert Fald — have et betydeligt Antal »Vindfældere« at notere, og efter en rigtig Storm vil deres Antal kunne gaa op i Hundreder, hvis ikke hele Bevoksningen er bleven raseret. Desuden vil mange voksne Granstammer knække midt over, naar Stormen faar fat i deres tætte Kroner.

I Skovene kan Stormene ogsaa gøre stor Skade ved at bortfeje Løvdækket paa Jordbunden. Dette finder ofte Sted i Udkanten af Bøgeskove, hvor der intet særligt Læbælte af buskagtige Træer findes, og Følgen deraf bliver da i Reglen en hel Forandring i den lavere Fauna og Flora, som holder til i det nedfaldne Bøgeløv, hvorfor Jordbunden helt kan skifte Karakter, gaa over i Mordannelser med Indvandring af Lyngplanter, Mosser o. l. Hvor Vinden pludselig faar fat i et Løvdække eller i løsere Jordlag, vil den kunne blotte Rødderne og derved ødelægge dem.

Paa flere andre saadanne Maader kan den indirekte mekaniske Virkning af Vindene blive følelig for de levende Væsener. Ved Siden af at befordre de regnførende Skyer fra Havene ind over Landene — hvoraf alt Dyre- og Planteliv paa Jorden til syvende og sidst afhænger — kan Vindene føre Regn, Sne og Hagl med en saadan Kraft mod Jorden, at det forøger disses skadelige mekaniske Virkninger meget betydeligt. Under Snefog kan der jo ogsaa ophobes umaadelige Mængder af Sne paa enkelte Steder, saa den bliver liggende alt for langt hen i Vegetationsperioden. Men det er forøvrigt ikke alene Sne, som Vindene kan faa til at fyge. Det tørre Sand ved Kyster, i Ørkener og paa Heder eller den ubevoksede Jord i tørre Egne kan føres langt omkring og give Anledning til Dannelsen af Klitter og Kytter, som begraver Planter og Dyr, til Blottelse og Løsrivelse af Planter paa de Steder, hvorfra Jorddelene fyger, osv. Og den mekaniske Kraft, hvormed de enkelte Sandkorn føres af Sted (under »Sandknog«) kan være saa stor, at den ødelægger Blade og unge Skud, dræber Smaadyr osv. Kyster, Ørkener og tørre Hedeegne faar af den Grund deres særegne Flora og Fauna, bestaaende af Planter med vidtomspændende, dybtgaaende Rødder, og som kan taale nogen

Tid at være begravede under Sandet, samt af saadanne Dyr, der er knyttede til de paagældende Planter.

Ved Transport af giftige Luftarter, fra Fabriker o. l., kan Vinden ødelægge Plantevæksten paa mere begrænsede Omraader. Og mange skadelige Parasiter (Snyltesvampe, Bakterier, Insekter m. fl.) skylder ogsaa ofte Vindene deres Udbredelse.

Vil man have en mere indgaaende Forstaaelse af Vindenes skadelige Indflydelse paa Planteverdenen, er det dog ikke tilstrækkeligt alene at se paa deres mekaniske Virkninger. Her maa tillige deres fremmende Indflydelse paa Transpirationen, deres Udtørren af Jorden, deres afkølende Virkninger saavel paa Planterne som paa Jorden, deres Transport af indblandede Bestanddele (deriblandt nær Havets Kyster f. Eks. af Kogsalt) m. m. tages i Betragtning. Man er langt fra enig om, hvilke af disse Faktorer der er mest afgørende; sandsynligvis virker de noget forskelligt under forskellige Forhold.

Dog synes det utvivlsomt, at Vindenes fordampningsfremmende Virkning er en Hovedfaktor. Det er en bekendt Sag, at paa Steder, der er stærkt udsatte for Blæst, og især i Nærheden af Kysterne, kan det være vanskeligt at faa Trævækst frem. De øverste Skud paa Træerne indtørrer og dør bort, og kun hvor samtidig mange Træer giver Læ for hverandre, lykkes det at faa de enkelte til at vokse i Vejret. I Kystskove ser man da ofte følgende karakteristiske Billede. De mod Vindsiden vendende yderste Træer bliver ganske smaa og har en Mængde visne, krummede og forkrøblede Grene. Efter en næsten lige, skraat opstigende, Linje (som et Tag) hæver Træerne sig derefter mod Læsiden, og undertiden finder man alene paa denne friske Skud. Det er imidlertid ikke just Vindens Styrke, der bliver bestemmende for denne Virkning. I Danmark er det navnlig vestlige Vinde, der er de fremherskende, men skønt Sydvest- og Vestenvinde er betydeligt hyppigere end Nordvestvindene, er det dog særlig disse sidste, der fremkalder det anførte Billede i vore Kystskove og Hedekrat, og aabenbart fordi de i Reglen er tørrere og koldere end de andre.

Samtidig med at fremme Fordampningen vil Vindene virke afkølende, og dette ikke alene paa Planternes overjordiske Organer, men ogsaa paa de underjordiske og paa selve Jordbunden. Derved baade udtørrer og afkøles denne saaledes, at Plan-

ternes Vandforsyning staar Fare for ikke at kunne dække Vandforbruget. Ved Afkøling nedstemmes nemlig ogsaa Røddernes Evne til at optage og transportere Vandet. Og selv i koldt Vejr — endogsaa under haard Frost om Vinteren — kan Fordampningen baade fra Planterne og Jorden være betydelig. Et Værn mod denne Fare har vel mange Planter deri, at de om Vinteren ikke bærer Blade, men har deres unge Skud og Knopper dækkede med Kork, Haar, Knopskæl, visne Blade o. l. Men dog lider Planterne aabenbart ogsaa om Vinteren under Udtørring fra Vindene, især i stormfulde Frostperioder, naar intet Snedække beskytter mod Fordampning. De Planter, der i kolde, blæsende Klimater er mest modstandsdygtige overfor Vindene, udmærker sig derfor ogsaa ved at have gode Beskyttelsesmidler overfor en for stærk Transpiration, f. Eks. i Bladenes Bygning (med tyk, forkorket Overhud), i tykke Knopskæl, i Haardannelser, i Voksemaade (lave Tueformer, krybende Skud, Dværgformer) m. m.

Nogle Forskere har villet tillægge de Saltpartikler, der ved Kysterne fra Skumsprøjtet i Havet let indblandes i Luften og føres med Vinden ind over Land, en stor skadelig Betydning for Plantevæksten. Men da Saltet jo ogsaa rammer de Planter og Skud, der staar i Læ, uden at disse synes at skades deraf, har denne Faktor i hvert Fald vist kun en underordnet Betydning ved Vindenes skadelige Virkninger.

Bølgeslag og Brændinger. Paa de aabne Vandflader overføres Luftens Bevægelser paa Vandet i Form af Bølger, og naar disse støder paa grundt Vand eller rammer Kysterne, opstaar de Bølgebrud, man kalder Brændinger, der kan udøve mægtige mekaniske Virkninger. De Organismer, der lever i Overfladevandet over større Dybder, er alle svømmende eller flydende og i Stand til at taale de almindelige Bølgebevægelser, omend de naturligvis ofte af disse føres passivt omkring i Vandet. Nogle kan under Storme eventuelt ogsaa søge saa dybt ned i Vandet, at Bølgebevægelsen ikke længere naar dem. Men de Organismer, der lever paa det lave Vand eller ved Kysterne, maa være i Stand til enten at holde sig fast til Klipper, tunge Sten og Bunden eller at bore sig ned i denne for ikke at blive knuste i Brændingerne, hvor ret store Sten og Sand hvirvles omkring af Vandmasserne. Paa saadan Sandbund som ved Vesterhavets jyske Kyst, hvor Sandet hvirvles op under Bølgeslaget, saa der intet Fæste bliver for Plan-

terne, findes der saa at sige heller ingen Vegetation af større Planter. Men derimod kan der findes talrige større Dyr, som kan bore sig ned i Sandet (som Sandorme, Sandmuslinger, Pælemuslinger, Søpindsvin, Krebsdyr m. fl.). Er Bunden derimod klippeformet eller stenet, vil den — navnlig i de tempererede Klimater — være bevokset med en rig Algevegetation, der skaber Livsbetingelser for en Mængde Dyr. Af disse kan dels nævnes saadanne, der er voksede fast til Underlaget, som Koraller, Hydroidpolyper, Rørorme og Østers, dels saadanne, der er i Stand til midlertidig at suge sig fast, som forskellige Snegle, Søstjærner, Blæksprutter m. fl., eller endelig saadanne, der er forsynede med saa stærkt et Panser, at de kan taale Bølgeslaget, som flere Søpindsvin, Snegle, Muslinger og Krebsdyr.

Men forøvrigt gør meget store Forskelligheder sig gældende i Kysternes Flora og Fauna efter Vandets Temperatur og Saltholdighed, Vandstanden ved Flod og Ebbe, Dybdeforholdene, Bundens geognostiske Beskaffenhed osv. — hvorpaa vi ikke her kan komme nærmere ind.

Havstrømme. De storslaaede Bevægelser, der, foruden Bølgebevægelserne, finder Sted i Havenes Vandmasser, kan have forskellig Oprindelse. Den daglige periodiske Stigen og Synken i Vandstanden, som kaldes Ebbe og Flod, kan i snevre Stræder, der fører ind til Fjorde og Indhave, fremkalde meget stærke Strømme, der yderligere kan forstærkes, naar vedholdende Vinde presser Vandmasserne ind paa eller ud fra saadanne Steder. Ude i de aabne Have løber med stor Regelmæssighed Strømme, der kan skylde forskellige Faktorer deres Oprindelse. En Hovedfaktor menes Vindene, og navnlig de, der blæser regelmæssigt, som f. Eks. Passatvindene, at være, idet disse sætter Vandmasserne i Drift omkring Ækvator. For at udjævne Vandstanden paa de Steder, hvorfra Vandet strømmer, kommer da modsat løbende Strømninger i Stand, saa der herved opstaar en Strømcirkel. Forskelligheder i Vandets Temperatur og Saltholdighed, som jo tillige betyder Vægtfyldeforskelligheder, kan ogsaa medvirke til Havstrømmenes Opstaaen, og netop ved Bestemmelsen af disse Størrelser kan man følge deres Forløb i forskellige Dybder. Ofte gaar der ved Bunden eller i en vis Dybde Strømme i modsat Retning af dem, der løber ved Overfladen, og en Overfladestrøm kan undertiden, f. Eks. naar den mødes med en anden, gaa over til at blive

Dybde- eller Bundstrøm. Langs Kysterne vil der i Reglen ogsaa flyde særlige Strømme.

Det siger sig selv, at saadanne Bevægelser i Vandet rent mekanisk maa indvirke paa Organismerne, dels ved at føre dem med sig omkring, dels ved at udøve Tryk paa de fastsiddende Former, dels ved stadig at føre nye Vandmasser med Føde hen til disse osv. Paa Grund af sin særegne Temperatur og Saltholdighed har hver Strøm sin bestemte Flora og Fauna. Golfstrømmen er f. Eks. meget rigere paa Planteorganismer og de større Dyr, der ernærer sig heraf, end det omgivende Atlanterhavsvand.

Havstrømme kan ogsaa være af største Betydning for Landjordens Organismer, dels fordi de i højeste Grad influerer paa de tilgrænsende Landes Klima (Temperatur-, Vind- og Nedbørsforhold), dels fordi de i Tidens Løb kan forandre Kystlinjer ved Bort- eller Tilførsel af Jordmasser o. l.

Ved mer eller mindre **tilfældige Beskadigelser** (ved Tryk af Jorddele, ved Fald og Uheld af forskellig Art, ved Sønderdeling af Redskaber o. l.) paavirkes Organismerne af mekaniske Kræfter, mod hvilke de i meget forskellig Grad er modstandsdygtige — efter Skadens Omfang, efter det Tidspunkt i deres Liv, da den indtræder o. l. Men ogsaa slige Beskadigelser kan blive til Gavn for dem. Saaledes breder f. Eks. mange Ukrudtsplanter (Følfod, Agertidsel, Svinemælk o. a.) sig, naar deres Rodstokke og Rødder overskæres af Plov og Harve og føres omkring med dem.

Med noget større Lovmæssighed **indvirker** endelig **forskellige Organismer mekanisk paa hinanden** baade paa skadelig og gavnlig Maade. Paa den ene Side trykker, gnider og forskyder saaledes Planterne i en Bevoksning hinanden; mange Planter og Dyr bliver nedtrampede, løsrevne eller fortærede af andre større og mindre Dyr; under Dyrenes Kampe øver de Vold mod hinanden af forskellig Art; mange Rovdyr er henviste til at dræbe og sønderdele deres Bytte, før de kan fortære det, og planteædende Dyr ernærer sig jo hovedsageligt af levende Planter, som de paa samme Maade mishandler, osv. — Men paa den anden Side er en mekanisk Paavirkning fra et andet levende Væsen rigtignok lige saa hyppigt til største Gavn eller ligefrem en uundværlig Livsbetingelse for mange Organismer. Blomsternes Bestøvning ved Insekter, Frøs og Sporers Udbredelse med Dyr — hvortil de kan være

indrettede ved særlige Hæfteapparater — eller Snylternes Overførelse fra den ene Vært til den anden skal her blot nævnes som Eksempler, idet vi senere vil komme nærmere ind paa det indbyrdes Forhold mellem de forskellige Organismer.

5. Omgivelsernes stoflige Beskaffenhed. Gifte.

Hvor Organismer skal leve og trives, maa de bl. a. forefinde de før omtalte nødvendige Næringsstoffer i passende Mængde. Men ved Siden af disse forekommer der i Naturen overordentlig mange andre Stoffer, der kan faa Indflydelse paa deres Ve og Vel. Ti selv om de ikke optages af eller reagerer kemisk paa den levende Celle, kan de være Aarsagen til en bestemt fysisk Tilstand i Omgivelserne, der enten er gavnlig eller skadelig for de enkelte levende Væsener. Men mange af disse Stoffer griber rigtignok ogsaa ved deres kemiske Virkninger dybt ind i hele Livsmaskineriet og sætter f. Eks. derved en Grænse for mange Organismers Udbredelse. Dette gælder det store Antal Forbindelser, man kalder Gifte, af hvilke nogle i forholdsvis smaa Mængder er skadelige for alt levende, medens andre under lignende Forhold kun skader visse Organismer, Organer eller bestemte Livsfunktioner. Selv de almindelige Næringsstoffer kan i større Mængder være Gifte (se S. 102 ff.), og hvad der er brugbar som Næring for den ene, kan være unyttigt eller skadeligt for den anden Organisme. Og omvendt kan Stoffer, der under almindelige Forhold er farlige Gifte, i meget smaa Koncentrationer virke stimulerende og befordrende paa Livsvirksomheden eller endog tjene som Næringsstoffer.

Hvad der her i første Række vil interessere os, er at undersøge, hvorledes de Stoffer, der ikke i Almindelighed er Næringsstoffer, men som forekommer almindeligt udbredte i Luften, Vandet og Jordbunden, virker paa Organismerne, som altsaa til Stadighed kommer i Berøring med dem. Og dernæst skal vi se paa saadanne sjældnere forekommende Giftstoffer, der enten produceres af forskellige Dyr og Planter, og hvorved disse ofte kommer til at paavirke hinanden, eller som Mennesket kunstigt fremstiller og kan bringe i Anvendelse overfor sig selv og andre levende Væsener.

Luften.

Den Atmosfære, der omgiver Jorden, har i ganske kort Afstand fra dennes Overflade en forbavsende konstant Sammensætning, hvad enten Prøven tages ude over Havet eller paa Landjorden og her igen paa Sletter eller Bjærge, i store Byer eller ude over den frie Mark. Kun ganske nær ved Jordens Overflade, under denne og i Vandet har den en anden Sammensætning. Hovedbestanddelene i Atmosfæren, der ved Vinde, Luftstrømninger og Diffusionsprocesser hurtigt blandes ligeligt, er efter talrige Analyser af tør Luft

c. 78 Rumfangsprocent Kvælstof,
c. 21 — Ilt,
c. 1 — Argon.

Hertil kommer saa omtrent lige saa konstant 0,03 Rumfangsprocent Kulsyre, hvis Tilstedeværelse er af saa overordentlig stor Betydning for de grønne Planter (se S. 90), samt meget forskellige Mængder af Vanddampe og desuden hyppigt, men som oftest i meget smaa Mængder, Ammoniak, Salpetersyre, Salpetersyrling, Ozon, Brintoverilte, forskellige Kulbrinter, Kulilte, Brint, Klorbrinte, Svovlbrinte, Svovlsyrling, Arsenbrinte m m. Nogle af disse sidste Stoffer strømmer ud af Jorden gennem Vulkaner og Revner, eller de opstaar ved Gærings- og Forraadnelsesprocesser, ved Forbrændinger og lignende menneskelige Virksomheder, ved elektriske Udladninger osv. Enkelte Stoffer, som Vand, kan ogsaa forekomme svævende i Atmosfæren i draabeflydende Tilstand (som Taage og Skyer), og en meget stor Mængde faste Stoffer, blandt hvilke talrige Mikroorganismer (Bakterier, Svampesporer, Infusorier, Hjuldyr, Støvkorn, Æg, smaa Frø m. m.), kan sværve rundt som Støv, og ofte i saa store Mængder, at de let bliver synlige. Støvet, der har sin Oprindelse i de fine Partikler, der rives løs eller befinder sig paa den indtørrede Jordoverflade, vil altid findes i størst Mængde nærmest denne, mod hvilken det i Kraft af sin forholdsvis store Vægtfylde falder i rolig Luft. Over høje Bjærge eller ude over de aabne Have vil Luften derfor i Reglen være saa godt som støvfri.

Analyseres den Luft, der, ved Opvarmning eller Lufttryksformindskelse, kan uddrives af Vandet, vil den, som nævnt Side

200, kunne vise et Indhold af f. Eks. 35 % Ilt og 65 % Kvælstof + Argon, og Kulsyremængden kan gaa meget højere op end i den frie Atmosfære, stærkt vekslende med Lufttrykket og Temperaturen (se S. 200) samt med Vandets Indhold af Salte. Flere andre Luftarter som Ammoniak, Klorbrinte, Svovlbrinte, Svovlsyrling m. fl. absorberes ogsaa med stor Begærlighed af Vand, saa der i dettes Luftindhold kan herske meget store Variationer. I Vand, der er rigt paa organisk Stof (Mosevand), eller som opvarmes stærkt af Solen, vil der f. Eks. let kunne indtræde en for Organismerne følelig Iltmangel.

Ogsaa den Luft, der findes i Jordbundens Porer, er yderst varierende i sin Sammensætning. Medens mærkeligt nok Kvælstofmængden næsten altid er den samme som over Jordoverfladen, kan Ilten helt eller delvis være erstattet af Kulsyre, hvis Mængde saaledes kan stige til flere Procent. Men der forekommer dog ogsaa Tilfælde, hvor Jordluften er næsten rent Kvælstof, idet Ilten er bleven bunden af mineralske Forbindelser. Dette har Aug. Krogh paavist for den Lufts Vedkommende, der under synkende Lufttryk strømmede ud fra nogle Brønde i Landsbyen Kosterslev i Nordfyen. Den Kulsyre, der kan findes i saa store Mængder i Jordluften, kan enten hidrøre fra dybere Jordlag, hvor kulsure Salte sønderdeles, eller fra Iltningen og Spaltningen (ved Gæringsprocesser) af organisk Stof (Muldstoffer og Gødning) i de øvre Jordlag. Men naar der forefalder saa mange Ulykkestilfælde blandt Brøndgravere o. l., skyldes dette (efter Krogh) muligvis lige saa ofte Iltmangel som Kulsyreforgiftning.

Som Følge af Kulsyreudstrømning fra Jordbunden vil Luften lige over Jordoverfladen ofte vise et betydeligt større Kulsyreindhold end den øvrige Atmosfære.

I lukkede Rum kan Luftens Sammensætning blive ændret paa forskellig Maade. Det er jo sjældent, at Rum, hvori der opholder sig levende Væsener, er saa tæt lukkede, at der ikke (gennem Kakkelovne, Ventiler, Dør- og Vinduessprækker o. l.) sker en stadig Fornyelse af Luften. Men dog kan Kulsyreindholdet i Teatre, Forsamlingshuse, Skolestuer og lignende Lokaler forøges kendeligt. Chr. Bohr fandt f. Eks. ved en Række Analyser, som han for flere Aar tilbage foretog i københavnske Skoler i Undervisningstimerne, følgende

Kulsyreindhold i Promille	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	2,5-3	3-3,5	4-4,5	4,5-5	5-5,5
Af ventilerede Skoler..	48 %	41 %	11 %						
Af ikke ventilerede Skoler.....	2 %	17 %	27 %	20 %	12 %	10 %	5 %	5 %	2 %

Naar Luften i menneskefyldte Lokaler virker saa trykkende og hos mange fremkalder Hovedpine og Ildebefindende, menes dette dog ikke saa meget at hidrøre fra Kulsyreindholdet som fra Tilstedeværelsen af andre, tildels ukendte, giftige Luftarter og Vanddampe i Forbindelse med en høj Temperatur. I Lokaler, hvor Trækket i Kakkelovnene ikke fungerer tilfredsstillende, vil der kunne ske en Indblanding i Luften af den farlige Kulilte, og hvor der anvendes Gas til Belysning, vil der ofte dannes saa megen Svovlsyrling ved dens Forbrænding, at det f. Eks. kan umuliggøre Dyrkning af Potteplanter i saadanne Rum. Man har ogsaa Eksempler paa, at flygtige Arsenforbindelser o. l. i Tapeter kan have samme skadelige Indflydelse paa Stueplanterne, ligesom de sandsynligvis ogsaa er i høj Gtad skadelige for de Mennesker, der opholder sig i Værelser udstyrede med slige Tapeter.

Naar undtages enkelte lavere Planter, der er i Stand til at binde og udnytte som Næringsmiddel det frie Kvælstof, er denne Hovedbestanddel af Atmosfæren egentlig uden nogen direkte Betydning for de levende Væsener. Den tjener nærmest kun til at fortynde de andre overordentlig vigtige Luftarter som Ilten og Kulsyren. I en ren Iltatmosfære vilde, som nævnt S. 192—93, f. Eks. Planterne hurtigt gaa til Grunde, og stiger Kulsyremængden lidt over 10 %, bliver dette for de grønne Planter ellers saa vigtige Næringsstof en Gift for disse som for de fleste andre levende Væsener. Paa den anden Side dør Mennesker hurtigt under Kvælningsfænomener, naar Luftens Iltindhold kommer under 10 %, selv om Kulsyremængden ikke i tilsvarende Grad er forøget, og dette kan foruden i Brønde f. Eks. ogsaa indtræde i Skibe, der er ladede med saadanne Stoffer (Fedtstoffer og svovlkisholdige Kul), der begærligt optager Ilt, naar denne ikke fornyes ved en fyldestgørende Ventilation (KROGH).

Ilt- og Kulsyreindholdet i Jordluften og Vandet vil være en Betingelse for mange Organismers Ophold og Trivsel her. Men

der hersker forøvrigt store Forskelligheder med Hensyn til Kravene i saa Henseende. Hvor den frie Ilt helt mangler, vil de anaërobe (iltskyende) Mikroorganismer (se S. 100) finde særlig gunstige Livsbetingelser, men da disse Væsener dog til syvende og sidst er afhængige af det organiske Stof, som de iltforbrugende producerer, vil en absolut og vedvarende Mangel paa fri Ilt i Forbindelse med en herved fremkaldt Dannelse af skadelige Stoffer, snart føre til Standsningen af enhver Livsproces, hvor der ikke stadig tilføres nyt organisk Stof (se dog Noten S. 95).

De andre S. 217 nævnte Luftarter, der kan forekomme i Atmosfæren i mindre Mængder, kan dels tjene som Næringsstoffer (Ammoniak og Salpetersyre for mange forskellige Planter, Svovlbrinte for Svovlbakterier, Kulbrinten Methan for Methanbakterier, Brint for Brintbakterier) og dels være farlige Gifte. Af de sidste er det navnlig Kulilte og Svovlsyrling, som spiller en Rolle henholdsvis for Dyr og Planter. Foruden i lukkede Rum kommer af disse Svovlsyrlingen ofte til at virke i høj Grad ødelæggende paa Plantevæksten omkring saadanne Fabriker, hvor der forarbejdes Svovlmalme (Kobber- og Jærnværker), eller hvor der forbrændes stærkt svovlholdige Kul, noget, der i høj Grad bidrager til at give Fabriksdistrikter deres triste Udseende.

En overordentlig stor Betydning for Plante- og Dyrelivet har endelig Luftens Indhold af Vanddampe og fint fordelt draabeflydende Vand. Men da Vandets Betydning for Livsvirksomheden allerede tidligere flere Gange (se navnlig S. 99—100 og S. 110—123) har fundet en udførlig Omtale, og vi ogsaa paa flere Steder i det følgende (under den geografiske Fordeling af Organismerne og under Transpiration) vil vende tilbage hertil, skal vi her nøjes med at henvise til de paagældende Steder.

Endnu skal der kun peges paa, at Luftens Indhold af Vanddampe og Støvpartikler i høj Grad kan influere paa Jordoverfladens Lys- og Varmeforhold, idet Fordampning, Varmeudstraaling, Absorption af visse Straalearter m. m. staar i Forbindelse hermed. Det store Kulsyreindhold, som Atmosfæren har haft i tidligere Jordperioder, har paa lignende Maade øvet Indvirkning paa Jordens Klima, og stor Betydning i samme Henseende har tillige Luftens mindre Tæthed i Bjærgegnene, som omtalt bl. a. S. 150 og 159.

Vandet.

Alt det Vand, der forekommer naturligt omkring paa Jorden, er mere eller mindre forurenet ved indblandede og opløste Stoffer. Ikke en Gang Regnvandet er rent destilleret Vand, ti under dets Passage gennem Luften optager det bl. a. forskellige Støvpartikler og Luftarter, og saa snart det falder paa Jordens Overflade, opløser det en Del af dennes faste Bestanddele. Jo længere Vandet synker ned gennem Jordbunden, des rigere bliver det paa opløste Stoffer, samtidig med at det ved en Filtreringsproces befries for opslemmede Bestanddele, saa naar det igen bryder frem til Overfladen som »rent« Kildevand, gælder denne Betegnelse kun dets Gennemsigtighed og Mangel paa Farve, medens mange farveløse Salte og Luftarter kan være opløste i det. En medvirkende Grund til, at det Vand, der kommer fra Dybder i Jorden, er rigere paa opløste Stoffer end Overfladevandet, er bl. a. dets større Kulsyreindhold, som forøger dets Opløsningsevne særlig overfor Kalk-, Magnesia- og Jærnsalte.

Alligevel er det kun forholdsvis smaa Mængder af faste Stoffer, der efterlades, naar man inddamper Grund- og Kildevand. Det retter sig naturligvis meget efter de Jordlags Beskaffenhed og Dybde, som Vandet har passeret. I Almindelighed indeholder det pr. Liter mellem 0,1 og 1 gr. faste, ikke flygtige, Stoffer, mellem hvilke i Reglen, Kalk, Natron, Kali, Magnesia, Svovlsyre og Klor vil findes i forholdsvis størst, Jærn, Kulsyre og Fosforsyre i mindre Mængder. Har Vandet passeret et muld- og humusrigt Jordlag, kan der desuden være en Del organiske Stoffer derimellem, men i Reglen udfældes og tilbageholdes disse af den mineralske Jord, saa kun Vand fra Moser o. l. Dannelser har et nævneværdigt Indhold deraf.

Idet Dybdevandet bryder frem til Overfladen og kommer i Berøring med Luften, udfældes ofte en stor Del af dets opløste Bestanddele, f. Eks. Kalk- og Magnesiasalte, fordi Kulsyren undviger, og Jærnforiltesalte, fordi de gennem Luftens Ilt overføres i uopløselige Jærntveilteforbindelser. Kildekalk og Okkeraflejringer er Resultatet af disse Processer. Og alt det Vand, der flyder hen ad Jordens Overflade, hvad enten det ikke naar at trænge ned igennem denne, eller det har passeret de øverste Jordlag, er derfor — i Sammenligning med Havvandet — ret fattigt paa virkelig opløste mineralske Stoffer, medens det rent mekanisk kan rive en

stor Mængde findelte Partikler med sig og holde dem opslemmede i nogen Tid. Flyder Vandet roligt, som i Flodernes nedre Løb, eller det bliver næsten stillestaaende, som i Søerne, sætter de opslemmede Dele sig for Størstedelen til Bunds.

Selvfølgelig veksler det ferske Vands Sammensætning ret betydeligt, navnlig efter den Jordbunds Beskaffenhed, fra hvilken det stammer; men nedenstaaende Analyser (tagne fra RAMANN og WEBER[1]) vil dog være Udtryk for almindeligt forekommende Mængder af mineralsk og organisk Stof.

1 Liter Vand indeholdt af	**Kildevand** fra Løssbund	**Drænvand** fra gødet Lerjord	**Mosevand** fra Højmose	**Elbens Vand** ved Hamborg[2])	**Moldaus Vand** ved Prag
Kali	3 Mgr.	6 Mgr.	2 Mgr.	? Mgr.	8 Mgr.
Natron	7 —	23 —	2 —	39 —	3 —
Kalk	147 —	68 —	12 —	45 —	11 —
Magnesia	23 —	3 —	2 —	Spor	5 —
Jærn	3 —	6 —	9 —	« Mgr.	» —
Fosforsyre	» —	Spor	1 —	» —	» —
Klor	7 —	39 Mgr.	» —	20 —	3 —
Svovlsyre	2 —	29 —	» —	35 —	6 —
Kiselsyre	17 —	9 —	4 —	10 —	9 —
Bunden Kulsyre	» —	» —	» —	32 —	11 —
Mineralstoffer ialt	209 Mgr.	183 Mgr.	32 Mgr.	181 Mgr.	56 Mgr.
Organisk Stof	» —	» —	127 —	136 — [2])	9 —
Inddampningsrest	209 Mgr.	183 Mgr.	159 Mgr.	317 Mgr.	65 Mgr.

Hvor stort Søernes Indhold af opløste Stoffer er, retter sig bl. a. meget efter, om de har rigeligt Afløb, eller om det tilførte Vand gaar bort ved Fordampning. I sidste Tilfælde, som vil være hyppigst i varme Klimater, kan Saltindholdet stige overordentlig højt.

---

[1]) Med Afrunding af Tallene til hele Milligram.

[2]) Det maa her erindres, at Floder, der løber gennem store Byer, modtager en Mængde organiske Affaldsstoffer fra disse.

I Genfersøen, hvis Vand stadig fornyes af Rhône-Floden, findes der (efter FOREL)

I 1 Liter Vand	Mgr.
Natrium- og Kaliumklorid	18,0
Svovlsurt Natron	15,0
Svovlsur Ammoniak	Spor
Svovlsur Kalk	47,9
Salpetersur Kalk	1,0
Kulsur Kalk	73,9
Kiselsyre	3,7
Lerjord og Jærntveilte	1,9
Organiske Stoffer	11,9
Ialt	172,8

I en Indsø som Aralsøen, der intet Afløb har, men i hvilken store Floder har deres Udløb, er Saltmængden kommen op paa 1,5 %, og i det døde Hav, i hvilket Jordan-Floden udtømmer sit Vand, er den endogsaa c. 22 %, væsentligst bestaaende af Klormagnium, Klorkalcium og Klornatrium.

De fleste Floder flyder jo imidlertid til Havet, og her ophobes da efterhaanden alle de opløste Stoffer, som de fører med fra Landjorden. En stor Del udfældes ganske vist eller benyttes af Havets Planter og Dyr, saaledes Kalken, af hvilken saa mange Dyr bygger deres Skaller, og Sammensætningen af Havvandets Salte bliver derfor en væsentlig anden end af det ferske Vands. Medens det ferske Vand er særlig rigt paa kulsur og svovlsur Kalk og fattigt paa Kogsalt, er dette sidste tilligemed Magniumsalte (Klormagnium og svovlsur Magnesia) fremherskende i Havvandet, hvor Kalksaltene kun findes i ganske ringe Mængder. Selve Saltholdigheden kan veksle meget mellem Indhave, der har stort Tilløb af fersk Vand, og de aabne Have, og desuden kan der i disse være nogen Forskel mellem Havstrømmenes og det omgivende Vands Saltindhold. Den botniske Bugt, i hvilken de mange store svenske Floder falder ud, har f. Eks. kun en Saltholdighed af 0,3 %, den vestlige Del af Østersøen har c. 2 %, Nordsøen c. 3,5 % og det røde Hav c. 4,5 %. Sammensætningen af Saltene var i Vandprøver tagne paa Stillehavskysten i Callaos

Havn (Peru) og i Atlanterhavet paa 41° 18′ nordlig Bredde og 36° 28′ vestlig Længde udtrykt i Procent af den samlede Saltmængde (efter SCHIMPER):

	Stille Hav	Atlanterhavet
Saltholdigheden	3,28 %	3,84 %
Klornatrium	75,80	76,89
Klormagnium	8,87	8,05
Klorkalium	3,68	3,33
Bromnatrium	1,23	1,30
Svovlsur Kalk	4,54	4,94
Svovlsur Magnesia	5,88	5,49
	100,00	100,00

Foruden disse Salte, der findes i forholdsvis store Mængder, vil Havvandet altid indeholde mindre Mængder af saadanne Stoffer, der har særlig stor Betydning for Planterne som Næringsstoffer, f. Eks. Kvælstofforbindelser, fosforsure Salte, Jærnsalte, foruden forskellige andre Metaller og Metalloider, blandt hvilke Jodforbindelser maa nævnes.

Det er fra de i Vandet opløste Luftarter (Kulsyre, Ilt, i visse Tilfælde ogsaa Kvælstof og Svovlbrinte), Salte og organiske Stoffer, at de underdykkede (submerse) Planter henter al deres Næring, som de da i Reglen ogsaa optager gennem hele deres Legemes Overflade (S. 113). De ferske Vandes Sammensætning vil, som det fremgaar af Tabellerne, ikke afvige synderligt fra de Vandbeholdningers, der findes i Jordens Porer (se S. 222), og hvorfra Landplanterne henter deres mineralske Næring. Man vil tillige se, at Koncentrationen af Salte i Almindelighed ligger under den Grænse, der S. 87—88 angaves at være skadelig for Landplanternes Celler. Men rigtignok er Blandingsforholdene af de enkelte Salte ikke altid en saadan, som vi efter vort Kendskab til Planternes Næringsbehov vilde anvende i kunstige Vandkulturer, idet der vil kunne findes en Del unyttige eller for nogle Planter endog skadelige Forbindelser mellem de opløste Stoffer. Saaledes vil f. Eks. Indholdet af organisk Stof (i Mosevand) ofte hidrøre fra frie

Humussyrer, der er skadelige for mange højere Planter, og Floraen i Mosehuller har derfor ogsaa en væsentlig anden Sammensætning end i saadanne Vande, der er fattige paa Humusstoffer. Og naar der paa Bunden af Vandet ophober sig større Mængder af døde Dyr og Planter, som forraadner under Frigørelsen af Sumpgas, Svovlbrinte o. a. giftige Luftarter, vil disse naturligvis blande sig med Vandet og bl. a. ogsaa begærligt tilrive sig dettes Beholdning af fri Ilt, saa der intet bliver heraf til Underholdning af Organismernes normale Aandedræt. Dette kan finde Sted ikke alene i det ferske Vand (Moser og Søer), men ogsaa ofte paa Bunden af Havet. I vore Farvande findes der f. Eks. ofte ophobet store Masser af raadnende Tang (»Dødtang«), hvorfra næsten alt Dyreliv forsvinder, og Det sorte Havs Bund er bedækket med saadanne gærende Dyndmasser, at den er saa at sige helt uden organisk Liv, fraregnet de Bakterier, der besørger Gæringen eller udnytter Gæringsprodukterne som Næringsstoffer (f. Eks. Svovlbakterier).

Af Vandets Salte benytter mange Dyr navnlig Kalk og Kiselsyre til at bygge deres Skaller af. Hvorvidt de optager andre mineralske Forbindelser direkte som Næringsstoffer, maa vist betragtes som tvivlsomt. Men de altid neddykkede Dyr er jo henviste til at tage al deres Ilt fra den i Vandet opløste Beholdning heraf, og det har da stor Betydning, at de nederste Vandlag i dybe Søer og Have (vel paa Grund af Vertikalstrømninger) i Hovedsagen har samme Iltindhold som de øvre. Og naar Polarhavene har et forholdsvis saa rigt Dyreliv, menes dette ogsaa at staa i Forbindelse med det kolde Vands store Iltindhold.

Medens vi angaaende Planternes og Dyrenes Forekomst og Udbredelse i de aabne Vande maa henvise til, hvad der herom er fremført S. 110—123 og 195—97 samt til et senere Afsnit om Organismernes geografiske Fordeling, skal her kun endnu omtales den Indflydelse, som Havets og visse Indsøers store Saltmængde i Almindelighed øver paa dem.

Det er jo kun en yderst ringe Del af disse Salte, der tjener Planterne til Næring, og alligevel synes baade de og Dyrene, der lever i Havet, at være saaledes tilpassede til deres Nærværelse, at de ikke kan undvære dem. De allerfleste Vandorganismer er enten udprægede Ferskvands- eller Saltvandsformer. Kun nogle faa kan leve i begge Medier, saaledes en Del Hvirveldyr som Søkøer,

Delfiner, Søslanger, Skildpadder, Hajer, Rokker, Laks, Stør, Aal m. fl., der tildels foretager Vandringer fra Havet op i de ferske Vande og omvendt. Men af lavere Dyr er det kun nogle faa Bløddyr og Krebsdyr, der kan taale disse Forandringer. Som en almindelig Regel gælder ellers, at hvis Vandets Saltindhold bliver forøget eller formindsket med $^1/_3$, gaar Hovedmængden af Vanddyrene til Grunde, og des hurtigere, jo hurtigere Forandringen sker. Kun naar Forandringerne sker ganske langsomt, har det været muligt at vænne enkelte udprægede Ferskvandsdyr til det salte Vand og omvendt. De fleste Dyr og Havalger er endogsaa tilpassede til ganske snævre Grænser for Saltmængden (er stenohaline), og derfor er denne Faktor i saa høj Grad bestemmende for de enkelte Arters Udbredelse.

For at forstaa denne Følsomhed overfor Saltindholdet, maa i første Række de osmotiske Virkninger (se S. 201—04), dette kan udøve, tages i Betragtning. Naar en Klornatriumopløsning paa 1 % er i Stand til at udøve et osmotisk Tryk paa 6,09 Atmosfærer, vil Havvand med 3—4 % Salte, der hovedsagelig bestaar af Klornatrium, kunne virke med c. 20—25 Atmosfærers Tryk. Det siger da sig selv, at Organismer, der lever i saadant Vand, maa have et mindst lige saa stort osmotisk Modtryk i deres Celler, og at en pludselig Overførelse i mindre saltholdig eller endog i ferskt Vand vilde kunne faa alvorlige Beskadigelser eller Sprængninger af Cellerne til Følge, ligesom der ved Overførelsen af Ferskvandsorganismer i salt Vand vilde kunne fremkaldes Plasmolyse (se S. 204) i Cellerne. Og kun for saa vidt Organismerne er i Stand til at regulere deres Cellers osmotiske Tilstand efter Omgivelsernes, vil de kunne taale Vekslinger i Vandets Saltindhold.

Mærkeligt er det, at det salte Vands Organismeverden, i alt Fald for Dyrenes Vedkommende, er saa langt rigere paa Former end det ferske Vands. Det synes endogsaa, som de fleste af dette sidstes Dyr nedstammer fra Havdyr eller ogsaa fra udprægede Landdyr.

Men forøvrigt kan Vandets Saltindhold dog ogsaa blive saa stort, at intet levende kan trives deri. Dette gælder flere Saltsøer, blandt hvilke det døde Hav med dets 22 % Salte jo er sørgeligt bekendt i saa Henseende. Her virker Saltene saa stærkt vandsugende paa de levende Celler, at der straks indtræder en med Ophævelse af al Livsvirksomhed følgende Plasmolyse.

Hvilken Indflydelse Saltmængden ellers har paa Organismerne i Kraft af den Vægtfyldeforøgelse og Frysepunktssænkning, som den er Aarsag til, er tidligere omtalt.

Jordbunden.

For alle Landorganismer er Jordbundens Beskaffenhed af afgørende Betydning. Ikke blot for de Planter, der henter store Dele af deres Næring fra den og finder Støtte og Beskyttelse i den, men ogsaa for alle de andre Væsener, der lever af de paagældende Planter og har deres Opholdssted enten imellem disse eller i selve Jordbunden.

Men det er, som nævnt S. 5, kun i den alleryderste Overflade af den faste Jordskorpe, at der forekommer levende Væsener, hvorfor det ogsaa kun er denne, der kommer i Betragtning, naar vi i biologisk Forstand taler om Jordbunden, som Vokse- og Opholdssted for Organismer.

Det er sjældent, at Jordbunden er helt ensartet over større Strækninger, saaledes som det tilsyneladende kan være Tilfældet paa Stepper og Heder, i Ørkener o. l. St. Ogsaa her kan der være store Forskelligheder, som Øjet maaske ikke straks umiddelbart opfatter, og i Almindelighed veksler Jordbundens Beskaffenhed i fysisk, kemisk og biologisk Henseende fra Plet til Plet, selv om visse afgørende Karakterer kan være fremherskende over større Omraader.

Aarsagerne til disse Vekslinger maa vel i første Række søges i Jordbundens geologiske Oprindelse, der igen har affødt en Række sekundære, stadigt virkende, Aarsager som Niveauforholdene, Højden over Havet, Ekspositionen mod Solstraalerne, Grundvandets Højde, de tilstedeværende Organismer osv., og dertil kommer som medvirkende til Forskellighederne mellem større Omraader: den geografiske Beliggenhed, de klimatiske Forhold (særlig Temperaturen, Nedbøren og Vindene), Menneskets Indgreb ved Bearbejdning og Beplantning af Jorden m. m.

Den oprindelige, faste Jordskorpe, som i sin Tid fremkom ved Størkningen af de yderste Lag af den flydende Jordkugle, kan man, som saakaldet Ur- eller Grundfjeld, endnu træffe i ganske ringe Dybder eller ragende frem til Overfladen paa mange Steder af Jorden, f. Eks. paa Bornholm og over store Strækninger af Skandinavien og Finland. Som oftest er dog Urfjeldet i Tidernes

Løb undergaaet gennemgribende Forandringer. Undertiden er det revnet ved Tryk indefra, og nye Lavamasser (Eruptivbjærgarter) er brudte frem, har fyldt Revnerne eller lejret sig ovenpaa de ældste Dannelser. Men som oftest er det faste Fjæld smulret hen, forvitret, til løsere Jordlag under Luftens, Vandets, Lysets, Varmens og Organismers Indvirkning. Store Forskydninger, Hævninger og Sænkninger har jævnlig fundet og finder stadig Sted, saa Dele af Jordoverfladen afvekslende har ligget tørre eller været bedækkede med Hav. I sidste Tilfælde kan mangehaande Dannelser have aflejret sig over dem, f. Eks. store Ophobninger af Dyrs Kalkskaller og Kalkskeletter (Koralstokke), hvorfra de mægtige Kalkformationer i Regelen stammer. Til de Aflejringer, der har fundet Sted under Vand eller ved Vindens og Gletscheres mekaniske Indvirkning — de saakaldte Sedimentbjærgarter — hører endvidere Ler-, Sand- og Gruslagene. Ofte er der ad kemisk Vej, ved Udskillelse af Havet eller Saltsøer, ophobet betydelige Mængder af Salte (Gips, Kogsalt o. l.). Og som Rester af Organismer finder vi foruden de ovennævnte Kalkdannelser tillige Kiselaflejringer (Moler, Flint), Kullag, Tørv, Petroleum m. m.

De oprindeligt løsere Jorddele kan senere igen være kittede eller pressede sammen til faste Klipper som Sand- og Kalksten, Skifre osv. Ismasser, der som Gletschere og Indlandsis til Tider har bedækket større eller mindre Dele af Jordoverfladen, har bevæget sig hen over denne og efterhaanden er smeltet bort igen, har sønderdelt de faste Klipper og ført deres Bestanddele med sig, aflejrende dem som saakaldte Moræner (Moræneler, -sand og -grus). Havet og Floderne, Vindene og Nedbøren har stadig øvet deres Indflydelse paa Jordskorpen, som de gør det den Dag i Dag, og under alle disse Omvæltninger er de yderste Jordlag blevne anderledes forskelligartede end f. Eks. Havets Vandmasser, der bestandigt blandes, er det.

Og dertil kommer, at der i Jordbunden (her de aller yderste Jordlag) bestandig sker en Række yderst vigtige Forandringer foruden de rent geologiske i videre Forstand. Medens der i dybere Lag gennem lange Jordperioder hersker forholdsvis Ro og Uforanderlighed, virker de meteorologiske og biologiske Faktorer saa at sige fra Dag til Dag omformende paa de øverste Jordlags Tilstand. Og netop af disse Forandringer er Organismerne i saa høj Grad afhængige.

Vi skal da se lidt nærmere paa, hvilke Egenskaber ved Jordbunden det er, som har særlig Betydning for Organismerne — og da i første Række for Planterne —, hvorledes disse Egenskaber er knyttede til forskellige Jordbundsformer samt til klimatiske, geografiske, orografiske og biologiske Faktorer, for endelig til Slut at give en kort Oversigt over Grundtrækkene i Jordbundens Stofskifte og dettes Betydning for alle levende Væsener.

Jordbundens Egenskaber. En stor Mængde, navnlig lavere, Organismer fører hele deres Liv nede i Jorden, under dens Overflade, og skal her have alle Livskrav opfyldte; andre lever i det allerøverste Jordlag, i Berøring med den frie Atmosfære, og atter andre har en Del af deres Organer sænkede i Jorden, medens nogle rager op i Luften, eller de færdes afvekslende under Jorden eller paa dens Overflade.

Naar undtages de allernøjsomste og mest haardføre af alle levende Væsener, som f. Eks. Lavarterne og enkelte andre, er der ingen, der kan nøjes med de Kaar, som den helt nøgne og faste, til Tider ganske tørre, for Sol og Vind, Frost og høj Varme udsatte, Klippebund byder. Alle andre maa direkte eller indirekte[1]) forlange:

1. At Jordbunden er mere eller mindre sønderdelt, saa den kan byde Støtte, Læ og Beskyttelse mod for hurtig Udtørring, mod Lys, Kulde osv. og i det hele taget gøre det muligt for Organismerne at bane sig Vej ned i den. I Henseende til Graden af Sønderdeling stiller de forskellige Organismer højst ulige Krav, og eftersom Jordbunden da er mere eller mindre løs og sammenhængende, vil den faa en forskellig Flora og Fauna.

2. At den foruden at være gennemtrængelig for Luft og Vand ogsaa er i Stand til at rumme og fastholde passende Beholdninger af disse Stoffer, hvis Mængde i Reglen staar i omvendt Forhold til hinanden.

3. At den er i Stand til at lede Solvarmen ned under Overfladen og regulere Varmeforholdene, dels saaledes, at Temperaturen ikke overstiger Maksimalgrænsen for de levende Væseners Eksistens, dels saaledes, at der undgaas for hurtige Vekslinger i Varmegraden.

[1]) Dyr, Snyltesvampe og Bakterier er ofte kun indirekte afhængige af Jordbundens Beskaffenhed gennem de Planter, hvoraf de lever.

4. At den indeholder visse nødvendige Næringsstoffer, d. v. s. for Planterne bestemte uorganiske Salte, for nogle Dyr, Svampe og Bakterier tillige organiske Stoffer. Det er her ogsaa af stor Betydning, om Jordbunden ved saakaldet Absorption (se S. 201 og S. 236) er i Stand til at fastholde nogle af disse Næringssalte og beskytte dem mod Udvaskning.

5. At den ikke indeholder saa store Mængder af Giftstoffer, at disse virker hæmmende eller dræbende paa Organismerne. Her kan der enten være Tale om Stoffer, der i visse Mængder er Gifte for alle Organismer, eller om saadanne, der er specifikt skadelige for bestemte Dyr eller Planter.

Disse Krav vil i meget forskellig Grad være opfyldte i forskellige Jordbundsformer, af hvis fysiske og kemiske Struktur de i saa høj Grad er afhængige. De er særlig knyttede til Jordbundens finere Bestandele, og derfor er dens Findelingsgrad af saa stor Betydning i saa Henseende. Man skelner her mellem Skeletjord og Finjord, idet man ved den første forstaar Jordbundens Indhold af Stene og grovt Grus, ved den sidste Dele, der er mindre end 2 mm i Diameter[1]). Finjorden deles igen i Sand, af en Kornstørrelse mellem 0,25 og 2 mm, Støv, af en Kornstørrelse mellem 0,0015 og 0,25 mm, og Slam, af hvad der har en endnu mindre Diameter. Baade Støv- og Slampartikler lader sig iøvrigt slemme fra Sandkornene (ved den saakaldte Slemningsanalyse), idet de i kortere eller længere Tid, efter Findelingsgraden, holder sig svævende i Vand, medens Sandet straks sætter sig til Bunds, saa snart Vandet er roligt. Da Smaadelene i Jorden ikke altid har lige stor Udstrækning i alle Retninger, men ogsaa kan fremtræde som plade- eller naaleformede Krystaller eller som uregelmæssigt formede, amorfe, Smaalegemer, faar dette selvfølgelig Betydning for den indbyrdes Lejring og mange i Forbindelse dermed staaende Egenskaber ved Jorden; men herpaa kan vi dog paa dette Sted ikke komme nærmere ind. (Se herom Lære- og Haandbøger i Jordbundslære).

At faa et direkte mikroskopisk Billede af en Jordprøve, der viser dennes naturlige fysiske Struktur, vil kun undtagelsesvis kunne lade sig gøre, men ved Undersøgelsen af dens enkelte Bestanddele og Bestemmelsen af det indbyrdes Forhold, hvori disse

---

[1]) Tidligere har man undertiden draget Grænsen mellem disse to Bestanddele ved Partikler paa 0,5 eller endog 0,25 mm Diameter.

er blandede, vil man kunne konstruere et Billede som hosstaaende skematiske Figur 91 (tegnet af Botanikeren JULIUS SACHS). Mellem mineralske og organiske Smaadele af forskellig Størrelse findes de Hulrum, som er fyldte dels med Vand, dels med Luft, og ind i saadanne kiler sig et Par Rodhaar af en Plante. Naar Vandmængden aftager, tiltager Luftmængden, og dette vil ske dels derigennem, at Planterødderne opsuger Vandet, dels ved almindelig Fordampning. Da Vandlagene i en ikke alt for udtørret Jord staar i Forbindelse med hverandre, vil Sugningen fra Planterødderne ogsaa kunne sætte Vandet i nogen Afstand fra disse i Bevægelse.

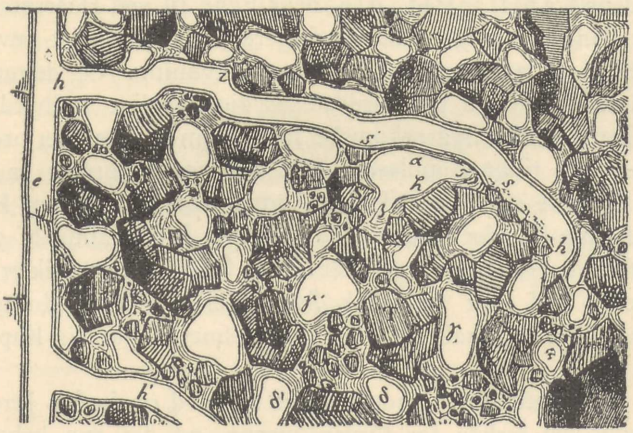


Fig. 91. Skematisk Billede af Jordbundens Bygning. Mellem Jordens faste, mørkt skraverede, Dele (*N*, *S*, *T*), findes, lyst skraverede, Vandlag (β) og, helt lyse, Luftrum (α, γ, δ ovs.). Til Venstre er tegnet Overhuden af en ung Rod, der sender Rodhaar (*h* og *h'*) ind imellem Jorddelene.

Tilsidst vil saa meget kunne opsuges eller dampe bort, at der intet synligt draabeflydende Vand findes i Jordens Porer, højst mikroskopiske Lag om og i de enkelte faste Dele, d. v. s. adsorberet og imbiberet Vand (se S. 198). Men netop denne sidste Beholdning fastholdes med stor Kraft og i Mængder, der er forskellige efter Jordbundsarten og stigende med denne Findelingsgrad, idet de staar i Forhold til den samlede Overflade, Smaadelene frembyder. Denne Evne hos Jordbunden til at fastholde de sidste Rester af draabeflydende Vand kaldes dens Hygroskopicitet, der ogsaa kan give sig til Kende ved Fortætning og Indsugning af luftformige

Vanddampe. Det er saaledes navnlig den meget findelte Lerjord og den paa organiske Stoffer (Muld, Humus) rige Jordbund, der udmærker sig ved stor Hygroskopicitet. Lerpartiklerne virker ved deres ydre Overflade, der fremkalder stærk Adsorption, de organiske Stoffer tillige ved deres saakaldte »indre« Overflade, idet de er i Stand til at indsuge (imbibere) Vand og Vanddampe imellem de Smaadele (Miceller), af hvilke de er byggede op (se S. 198).

Med Hensyn til Jordbundens vandholdende Evne er det dog ikke alene dens Hygroskopicitet, som nærmest hænger sammen med dens kemiske Beskaffenhed og Findelingsgrad, men ogsaa dens Kapillaritet, d. e. dens Evne til ved Haarrørskraften at suge Vand fra omgivende vandrigere Lag og faa det jævnt fordelt mellem de faste Partikler, som har Betydning. Og denne sidste beror i saa høj Grad paa Jorddelenes øjeblikkelige indbyrdes Lejring. Den stærkt hygroskopiske Jord, som f. Eks. Lerjord, kan godt have en ringe Kapillaritet, idet den ved Udtørring er tilbøjelig til at revne og danne Knolde, som afbryder de som Haarrør virkende fine Kanaler i den. Ved passende Indblanding af grovere Dele (Sand, Kalkkorn) mellem de finere (Lerpartikler), ved Frost eller ved rent mekanisk Sønderdeling (Bearbejdning) kan der i saa Tilfælde skaffes en for Organismerne gunstig Kapillaritet tilveje.

At der samtidig er baade rigeligt af Vand og Luft i Jorden, er naturligvis det bedste for Organismerne, og det ene behøver da heller ikke at udelukke det andet. Er alle Jordens Hulrum fyldte med Vand, vil der ganske vist i Almindelighed findes en alt for ringe Mængde — særlig af Ilt — for Organismernes Behov, men en stor Luftbeholdning kan godt være kombineret med en rigelig Vandmængde. Dette afhænger bl. a. af Jordbundens saakaldte Porevolumen eller den Del af en Jordprøves Rumfang, der vil være fyldt med Luft, naar Jorden er ganske tør. Og her spiller igen Smaadelenes Uensartethed og Størrelse samt deres mere eller mindre faste Lejring en stor Rolle. En muldrig Jord har f. Eks. som oftest et stort Porevolumen og kan samtidig føre rigeligt baade af Vand og Luft, medens en tæt pakket Lerjord kan have et forholdsvis ringe Porevolumen.

Hvad Jordbundens Varme angaar, saa er den for største Delen afhængig af den tilførte Solvarme og hidrører kun i mindre Grad fra Fortætning af Vanddampe, Iltningsprocesser og de Gæringer, som

kan finde Sted i den[1]). Kun hvor der kunstigt tilføres Jorden større Mængder af gæringsdygtigt organisk Stof i Form af Gødning, vil der under Omsætningen heraf i kort Tid kunne finde en større Varmeproduktion Sted — noget Gartnere benytter sig af ved Drivning af Planter i Mistbænke o. l. ved saakaldet »Undervarme«.

Hvorvidt Solvarmen — direkte eller gennem den opvarmede Luft — formaar at trænge ned i Jordbunden og fremkalde en kendelig Temperaturforhøjelse, afhænger af flere Egenskaber ved Jorden.

De allerøverste Jordlag opvarmes bl. a. i meget forskellig Grad efter deres Varmefylde. Da Vandet er det Stof, der har den største Varmefylde, d. v. s. kræver den største tilførte Varmemængde for at opvarmes 1 Grad (hvorfor man har sat dets Varmefylde = 1), vil en fugtig Jord af den Grund opvarmes mindre end en tør. De øvrige almindelige Jordbundsbestanddele, som Kvartssand, Kalk, Ler (Kaolin) og Humus har en langt ringere Varmefylde, men da de tillige har en større Vægtfylde, faar man et bedre Begreb om deres Evne til at blive opvarmede, ved ikke alene at sammenligne en bestemt Vægt, men ogsaa et bestemt Rumfang af disse forskellige Stoffer.

	Vægtfylde	Varmefylde	
		pr. Vægtenhed	pr. Rumfangsenhed
Vand	1,00	1,000	1,000
Kvartssand	2,64	0,196	0,517
Kalk (Marmor)	2 72	0,214	0,582
Ler (Kaolin)	2,47	0,233	0,576
Humus (Tørv)	1,26	0,477	0,601

Beregnet pr. Rumfang skulde disse forskellige Jordbundsbestanddele altsaa have omtrent samme Varmefylde og c. en halvt saa stor som Vandets. Men det endelige Resultat af deres Opvarmning bestemmes tillige af deres Varmeabsorptionsevne,

[1]) Varmen fra Jordens Indre spiller vistnok ingen nævneværdig Rolle for de yderste Jordlags Temperaturforhold.

for hvilken Farven igen er afgørende, og af deres Varmeledningsevne.

Paa Grund af deres mørke Farve indsuger Humusstofferne betydeligt mere Varme end de lyse Mineralier Kvarts, Kalk og Ler, hvilket kommer til at kompensere Humus'ens større Varmefylde. Men paa den anden Side udstraaler de mørktfarvede Jorddele ogsaa Varmen hurtigere end de lystfarvede, saa de f. Eks. afkøles mere om Natten.

Varmeledningsevnen er ogsaa forskellig hos de forskellige Jordbestanddele, men bliver i alle Tilfælde formindsket, naar disse er adskilte ved slet ledende Luftlag, og forøget, naar den gode Varmeleder, Vand, udfylder Mellemrummene. I Almindelighed leder en tør, tætpakket Jord Varmen bedre end en løs. Varmeledningsevnen var (efter POTT):

For	I tør Tilstand		Med et Vandindhold af	
	løs	tæt pakket		
Kridt	85	92,6	52,9 %	153,2
Humus	90,7	98,1	63,2 %	94,3
Kaolin	90,7	96,4	59,7 %	155,6
Kvarts	100	106,7	36,7 %	201,7

Naar Humus'ens Varmeledningsevne i fugtig Tilstand ikke er større end i tør og saa meget mindre end de mineralske Bestanddeles i fugtig Tilstand, beror dette vistnok paa, at der af Humus'en bruges langt større Mængder Varme til Fordampning af Vand. Humusjorderne er da ogsaa erfaringsmæssigt kolde, naar de er fugtige, som f. Eks. Tørvejorden.

De Næringsstoffer, Planterne henter fra Jordbunden, udgør i Regelen kun en forsvindende Del af dennes samlede Masse, men maa ofte udtrykkes i Tiende-, Hundrede- eller Tusindedele af Procent. Dette gælder i alt Fald saa vigtige Stoffer som Kvælstof og Fosforsyre, og naar der af andre som Kali og Magnesia vel kan findes langt større Mængder, saa er dog kun en yderst ringe Del heraf tilstede i saadan Form, at den kan benyttes af Planterne. Hovedbestanddelen af den mineralske Jordbund er som oftest ren Kiselsyre (som Kvarts), kiselsure Salte af Lerjord, Kalk, Magnesia, Natron og Kali, der indbyrdes kan være sammenblandede

i Feldspater, Glimmerarter m. m., endvidere kulsure og svovlsure Salte af Kalk, Magnesia og Jærn samt Ilter, Hydrater og Svovlforbindelser af Jærn og Mangan. Mellem disse er der som oftest indblandet ganske ringe Mængder af Fosfater (som Apatit), medens tilstedeværende Kvælstofforbindelser alle har deres Oprindelse fra Omsætningen af organiske Stoffer.

De nævnte Silikater, der indeholder saa vigtige Plantenæringsstoffer som Kali, Magnesia og Kalk, er saa tungt opløselige og vanskeligt tilgængelige, at de kun bliver af Betydning, naar de undergaar en Forvitringsproces, paa Dansk ogsaa kaldet Vejrsmuldring, fordi denne i mange Henseender paavirkes af meteorologiske Faktorer. Det er ved denne Proces, at de løse Jordlag er opstaaede af den faste Klippe, og naar den paa forskellige Steder forløber med højst forskellig Hastighed, beror dette dels paa Bjærgarternes Natur, dels paa de klimatiske og biologiske Faktorer, som fremkalder den. Uden ellers at komme nærmere ind paa Forvitringen skal her blot nævnes, at den kan bestaa dels i en rent fysisk Sønderdeling, dels i en kemisk Omsætning af Bjærgarterne. Som Hovedfaktorer til den første virker: 1) Temperaturændringer, fremkaldte af direkte Solbestraaling om Dagen og stærk Varmeudstraaling om Natten, hvorved forskellige Dele af større Klippemasser udvider og sammentrækker sig med forskellig Hastighed og saaledes let udsættes for Sprængninger; 2) Vandets Frysning i Sprækker og Huller, under hvilken Rumfangsforøgelsen sker med saa stor Kraft (se S. 205), at ogsaa den kan fremkalde Sprængninger, og 3) mekaniske Trykvirkninger af overliggende Klipper, af strømmende Vand og Bølgeslag, af Gletschere og af Vinden, der faar medrevne Sandpartikler til at slide paa hinanden og paa større Stenmasser. — Den kemiske Forvitring kan dels bestaa i: 1) en Opløsning i Vand, navnlig naar dette indeholder Kulsyre og frie Humussyrer, dels i 2) Iltningsprocesser under Berøring med Atmosfærens Ilt, dels i 3) Dobbeltdekompositioner under Berøring med forskellige opløste Salte, hvor den kemiske Massevirkning kommer til at gøre sig gældende, og endelig i 4) Organismernes (Planterødders, Bakteriers og Algers) opløsende Indflydelse paa de faste Bjærgarter.

Det maa bemærkes, at Forvitring foregaar til Stadighed ogsaa i den stærkt findelte løse Jordbund, men at den paa Grund af dens nøje Afhængighed af meteorologiske og biologiske Faktorer i Reglen kun strækker sig til en forholdsvis ringe Dybde. De

Jordlag, i hvilke den foregaar, kaldes for Overgrunden, i Modsætning til den mere tæt pakkede eller ganske faste Undergrund, der kan henligge saa godt som uforandret igennem lange Tidsrum, og i hvilken der kun rører sig et forsvindende Liv. Undergrunden er da den af Organismerne ubearbejdede Jordbund, og ofte tegner den sig ved en skarp Grænse fra Overgrunden, medens den dog ogsaa i nogle Tilfælde kan gaa jævnt over i denne. Men Undergrundens Beskaffenhed, f. Eks. dens vandholdende Evne, dens Fasthed o. l., spiller en overordentlig stor Rolle for Jordbundens biologiske Værdi i det hele taget. Det er saaledes yderst vigtigt, om den er fast Fjæld (Granit eller Kalk o. a.), om den er tæt pakket Ler eller løst Sand m. m. Og i enhver Jordbundsbeskrivelse maa derfor ogsaa Undergrunden karakteriseres.

Under den kemiske Forvitring bliver mange af de opløste Stoffer førte bort, idet en Del af dem bliver udvaskede og en anden optagen af Planterødderne. Paa denne Maade frigøres vigtige Plantenæringsstoffer (f. Eks. af saadanne Bjærgarter som Feldspaterne), saa de direkte kan optages af Planterne.

Men der kan ved Forvitringen ogsaa indtræde de modsatte Virkninger: at opløselige Salte bindes og saaledes beskyttes mod Udvaskning. Det er denne Proces, man fra gammel Tid har benævnet Jordbundens Absorption (se S. 201), skønt den ikke fortjener dette Navn efter den nu gængse Sprogbrug. Den giver sig f. Eks. til Kende, hvis man gennem en i begge Ender aaben Cylinder, fyldt med en lerholdig eller humusholdig Jord, lader flyde svage Opløsninger af Klorammonium, Kalinitrat, Kalknitrat, Magniumsulfat eller Kalkfosfat, idet Opløsningerne ved Udløbet af Cylinderen da vil have en væsentlig anden Sammensætning end ved Paahældningen. Ammoniak, Kali og Fosforsyre vil nemlig for en stor Del være holdte tilbage af Jorden, Kalk, Magnesia og Svovlsyre i ringere Grad, medens Klor og Salpetersyre slet ikke bliver bundne. (Paa den anden Side kan nogle af de i Jorden værende ellers uopløselige Forbindelser herved frigøres, f. Eks. Kali og Natron under Indvirkning af Kalk og Magnesia). Aarsagen til en saadan Absorption er altsaa i Virkeligheden kemiske Omsætninger af lignende Art som dem, der foregaar under Forvitringen, og disse to Processer hører derfor ofte nøje sammen, som Resultatet af Dobbeltdekompositioner.

Men i andre Tilfælde kan Absorptionen muligvis dog ogsaa tildels være en fysisk Proces, en Binding ved Overfladekræfter, altsaa nærmest

en Adsorption (se S. 197). Paa denne Maade skulde forskellige kolloidale Stoffer, der findes i Jordbunden, som amorfe Silikater, kolloidal Kiselsyre, Jærntveilte, Lerjord og Humusstoffer, faa deres store Betydning for Jordens Absorptionsevne. I Almindelighed finder der dog vistnok samtidig baade en kemisk og en fysisk Binding Sted, og i de mest udbredte mineralske Jordarter er man for Øjeblikket tilbøjelig til at tilkrive den første af disse den største Betydning (se f. Eks. E. RAMANN: »Bodenkunde« II Aufl. 1905 S. 23). Størst Absorptionsevne viser ler- og humusrige Jorder, medens rent Kvartssand slet ingen har. Og en neutral eller svagt alkalisk reagerende har langt større Absorptionsevne end den surt reagerende. Sin store Betydning for Plantelivet og for Jordbundens Frugtbarhed i det hele taget har dens Absorptionsevne derigennem, at det er nogle af de vigtigste mineralske Næringsstoffer. der ved den holdes tilbage i de øverste Jordlag og her beskyttes mod Udvaskning af Regnvandet.

Angaaende Jordbundens Næringsstofbeholdning skal her endnu blot tilføjes, at de organiske Stoffer, der i meget vekslende Mængder kan være indblandede i den, tjener direkte til Føde for en Række Organismer som Bakterier, Svampe og lavere Dyr, hvorfor der — indenfor visse Grænser — er et ligefremt Forhold mellem Jordbundens Rigdom paa organisk Stof og det Liv af Mikrober, der rører sig i den (se S. 242 og 244). Dette sidste gælder dog ikke, hvor der ophobes sure Humusforbindelser i Form af Tørv, Mor o. l., ti disse er ligefrem Gifte for de fleste Organismer, og deres Ophobning hænger netop sammen med, at der ikke findes tilstrækkeligt af levende Væsener til at fortære og omsætte dem.

Vi kommer da her til kort at berøre det Spørgsmaal, som ellers vil blive behandlet nærmere i næste Afsnit, at der ogsaa i Jordbunden kan findes og dannes Stoffer, der er Gifte for alle eller for en Del af de levende Væsener. Hvad nu først de ovennævnte Humussyrer angaar, saa dannes de som oftest ved anaërobe Gæringsprocesser i Jorder, der er saa fugtige, at der ikke kan trænge tilstrækkeligt af Ilt ned i dem, eller ligefrem under Vand (som i Moserne), eller under visse, endnu ikke fuldt opklarede Betingelser, paa tør Hede- og Skovbund. Derved fortrænges en stor Mængde Blomsterplanter til Fordel for andre (Mose- og Sumpplanter), der giver saadanne Lokaliteter et eget Præg, de allerfleste Bakterier forsvinder til Fordel for Svampe, og kun me-

get faa Dyr findes i de sure Jorder, omend sandsynligvis snarest paa Grund af den i dem herskende Iltmangel.

Af andre Stoffer, der jævnligt optræder i større Mængde i Jordbunden og virker som Gifte for nogle, medens de taales af andre Organismer, maa særlig nævnes Kogsalt (Klornatrium). I Strandsand, paa Syltenge, der undertiden oversvømmes af Havet, ved udtørrede Saltsøer, paa Saltstepper, i Ørkener o. fl. St. kan dette Stof optræde i saa store Mængder, at det enten kun tillader ganske bestemte Planter (Halofyter) og Dyr at trives der, eller det udslukker alt Liv i Jordbunden, ikke fordi dette Stof i og for sig er nogen Gift — i passende Mængder taales og optages det af alle Organismer —, men fordi det i de stærke Koncentrationer kommer til at virke udtørrende og plasmolyserende paa den levende Celle. (Se forøvrigt hvad der herom er sagt S. 226 og senere under »Gifte«, S. 254). — Paa lignende Maade som Kogsalt kan Soda, Salpeter, Alun og andre Salte virke. Og selv et saa tungt opløseligt, for de fleste Planter og Dyr saa værdifuldt Salt som kulsur Kalk, kan — usikkert af hvilken Grund — virke skadeligt paa flere Planter, der absolut ikke vil trives. hvor dets Mængde i Jordbunden overskrider visse almindelige Grænser, medens andre trives udmærket paa næsten ren Kalkbund. — Tilførsel af for store Mængder let opløselige Gødningssalte, som f. Eks. Chilesalpeter, Kaliumsulfat m. fl., kan jo forøvrigt ogsaa komme til at virke i høj Grad skadeligt paa Plantevæksten (se S. 88).

Undertiden kan der ogsaa i Jordbunden forekomme smaa Mængder af saadanne Stoffer, Svovlmetaller, Svovlbrinte, svovlsur Jærnforilte (der let fører til Dannelsen af fri Svovlsyre), Arsenik-, Bly-, Baryt-, Kvægsølv- og andre Metalforbindelser, der er farlige Gifte for saa godt som alt levende, og hvis Virkninger vi senere vil vende tilbage til, men som en Hovedregel maa det dog siges, at Størsteparten af de i den mineralske Jordbund forekommende Stoffer i Reglen er indifferente overfor de levende Væsener, paa samme Maade som Atmosfærens Hovedbestanddel, det frie Kvælstof, er det.

Jordbundsformer. De Egenskaber ved Jordbunden i Almindelighed, der har Beydning for de levende Væsener, og som vi her i Korthed har gennemgaaet, forefindes ikke samlede hos alle Jordbundsformer, eller de er i hvert Fald repræsenterede i meget forskellig Grad hos dem. Vi skal da her give en Oversigt over de

almindeligst forekommende Jordbundsarter med Tilføjelse af, hvad der i saa Henseende særlig karakteriserer de enkelte af dem.

1. Det faste, nøgne Fjæld, der kan bestaa af forskellige Mineralier (Granit, Gnejs, Basalt, Skifer, Kalksten, Dolomit, Sandsten osv.) er af Grunde, som før er nævnte, kun et daarligt Opholdssted for Organismer og derfor ogsaa yderst fattigt paa disse. Det er derfor ogsaa kun i uegentlig Forstand, det kan regnes med til Jordbunden. Men det afgiver dog Opholdssted for en Del haardføre Lavarter, Alger og enkelte Bakterier samt de Dyr, der holder til mellem disse. Kun naar der findes Revner og Huller i det, hvori der samler sig løsere Jordlag, bliver Sagen en anden. Det er i Almindelighed en tør, næringsfattig Bund, der er udsat for store Temperatursvingninger, for Vindens, Lysets og andre skadelige Faktorers Paavirkning.

2. Stenbund. Er Klippen sønderdelt i Blokke, større og mindre Sten eller grovt Grus, kan den bedre yde Beskyttelse af forskellig Art, og den faar ogsaa en større vandholdende Evne. Her beror det saa meget paa Bjærgartens Natur og paa de herskende klimatiske Forhold, hvilken Betydning den faar for Organismerne. I et passende fugtigt Klima kan den endogaaa blive bevokset med frodig Skov, og dermed er jo Betingelserne for talrige andre levende Væseners Eksistens til Stede.

3. Sandjord kan bestaa af meget forskellige Mineralier, men udgøres som oftest overvejende af uopløselige Kvartskorn, der bliver tilbage efter at alle ved Forvitringen frigjorte opløselige Bestanddele er udvaskede. Den kan dog være indblandet større eller mindre Mængder af Feldspat-, Glimmer- og Kalkkorn samt af Ler og Humusstoffer, og herefter har den en ret forskellig Værdi. Men naar den aldeles overvejende bestaar af Kvartssand, er den løs, let gennemtrængelig for Luft, Vand og Organismer, har en ringe Varmefylde og opvarmes derfor let og hurtigt af Solstraalerne, men afkøles ogsaa hurtigt ved Udstraaling; den udtørres hurtigt, har en ringe vandholdende Evne og Hygroskopicitet og saa godt som ingen Absorptionsevne, hvorfor den ogsaa er yderst fattig paa Plantenæringsstoffer og kun i kort Tid kan tilbageholde tilførte Gødningsstoffer. Ved kunstig Vanding og Indblanding af Ler og organiske Gødningsstoffer kan den dog blive en fortrinlig Plantebund (ler- og muldblandet Sandjord).

4. Lerjord. Ligesom Sandjordens Egenskaber veksler med de Mængder af forskellige Bjærgarter, der er indblandede i den, saaledes

ogsaa Lerjorden, der herefter kan faa en ganske forskellig Karakter. Det rene plastiske Ler, der bestaar af Aluminiumsilikat (Kaolin), er paa Grund af dets tætte Beskaffenhed, dets Uigennemtrængelighed for Vand, Luft og Organismer, og fordi det med sin store vandholdende Evne er en overordentlig kold Jord, et yderst slet Opholdssted for Organismer og meget vanskelig at kultivere. Men naar Leret er blandet med passende Mængder af Kvartssand, Kalk, Feldspater eller Basalter, saaledes som Moræneleret i Regelen er det, kan det blive en for Organismerne ganske fortrinlig Jordbund, især hvis det underkastes Kultur og ogsaa bliver rigeligt indblandet med Muldstoffer. Det er da navnlig Lerets store vandholdende Evne og Absorptionsevne overfor Plantenæringsstoffer, der betinger dets værdifulde Egenskaber, men saa længe Aluminiumsilikat er stærkt overvejende, hører det dog til de forholdsvis kolde Jordarter. Naar Lerjorden derimod er stærkt indblandet med grovkornet Sand af forskellige Bjærgarter (hvad Tyskerne kalder »Lehm« i Modsætning til det stive Ler, som de kalder »Ton«), kan den faa alle i det foregaaende nævnte gunstige Egenskaber forenede i sig og derfor blive Sædet for det rigeste Plante- og Dyreliv.

5. Kalkjord. Herved betegner man ofte en Jordbund, af hvilken kun Undergrunden er kulsur Kalk, medens Overgrunden endogsaa kan være yderst kalkfattig, fordi Kalken saa let udvaskes af kulsyreholdigt Vand. Men Overgrunden kan forøvrigt være indblandet med alle mulige Mængder af Kalkkorn, saa Jorden endog kan faa en hvidlig Farve, eller den kan bestaa af rent Kalksand (Koralsand). Og i alle disse Tilfælde faar Kalken Betydning for det organiske Liv, dels fordi den i sig selv er et vigtigt Næringsstof for næsten alle Organismer (mange Dyr forbruger jo store Mængder deraf til Opbygning af deres Kalkskaller eller Knogler), og dels fordi den indirekte virker paa mange Maader. Den gør f. Eks. en Lerjord skør og porøs og en Sandjord mere sammenhængende, den fremmer Forvitringen og bidrager i høj Grad til Absorption af f. Eks. Fosforsyre, den fremmer ogsaa i høj Grad Omsætningen af organisk Stof, fordi den ved at give Jorden en svagt alkalisk Reaktion skaber gunstige Livskaar for Bakterier, den har en vandholdende Evne, der ligger mellem Sandets og Lerets, og den gør Jordbunden varm. Derfor bruges Indblanding af findelt Kalk (kulsur Kalk eller brændt Kalk) og Mergel saa ofte til Grundforbedring af Jorden. Men som før nævnt (S. 238) er der dog og-

saa Organismer, for hvem blot ringe Mængder Kalk synes skadelige, medens andre netop ynder den rige Kalkbund. Derfor kan man ofte fra Plantevæksten slutte til Jordbundens Rigdom paa Kalk. — Kun undtagelsesvis optræder svovlsur Kalk (Gips) i saa store Mængder, at det er den, som præger Kalkbunden. Vi skal derfor ikke opholde os nærmere ved denne, som har væsentlig andre Egenskaber end den kulsure Kalk.

6. Humusjord er ligesom de andre Betegnelser et meget vidt Begreb, der dækker over Jordbundsformer af højst forskellig Natur og Betydning for de levende Væsener. Ti selve Humusstofferne kan være lige saa forskellige som den Mængde, hvori de optræder. Ved Humus forstaar man nemlig alle de Stadier, som de af Dyr og Planter dannede Stoffer gennemgaar under deres Omsætning til uorganiske Forbindelser i Jordbunden. Og efter de Aarsager — forskellige Bakterier, Svampe, kemiske Kræfter osv. —, der besørger Omsætningen, er Produkterne forskellige. Forløber Sønderdelingen under rigelig Iltadgang (Formuldning), opstaar der neutrale, »milde«, Humusstoffer (Muld), men er Ilten helt eller delvis stænget ude fra Jorden, dannes der sure Forbindelser, Humussyrer, der hurtigt standser al Omsætning, saa der ophobes det ene Lag Humus efter det andet, hvis der stadig tilføres organisk Stof. Dette sidste har navnlig været Tilfældet under Tørvedannelsen, der oprindelig er foregaaet under Vand, men efterhaanden fører til Dannelsen af fast Jordbund. Men lignende Ophobninger af sure Humusstoffer kan forøvrigt ogsaa, som før nævnt, finde Sted paa tør Bund, paa Heder og i Skove, paa Grund af forskellige, undertiden samvirkende, Aarsager.

a. Muldjord (Lermuld, Sandmuld osv.) er en saadan, i hvilken der findes indblandet indtil c. 10 % af organiske Stoffer, der forholdsvis hurtigt og regelmæssigt sønderdeles gennem neutrale Humusstoffer til rent uorganiske Forbindelser (Kulsyre, Vand, Ammoniak, Salpetersyre m. m.), hovedsageligt ved aërobe Bakteriers Indvirkning. Paa Grund af disse Humusforbindelsers store Hygroskopicitet og Absorptionsevne, deres stærke Indsugning af Solvarmen (i Kraft af deres mørke Farve) og derved, at de gør Jorden porøs og bekvem for Organismerne at arbejde sig igennem, samt endelig, fordi der ved deres Nedbrydning frigøres overordentlig vigtige mineralske Plantenæringsstoffer, bl. a. store Mængder af Kvælstofforbindelser, hører de typiske Muldjorder til de allergunstigste Jordbundsformer for Planter og Dyr. Mange af de sidste, f. Eks.

de for Jordbundens Gennemluftning og mekaniske Bearbejdning saa overordentlig vigtige Regnorme, finder i de friske Muldstoffer vigtige Fødemidler, og for de ikke mindre vigtige Jordbundsbakterier spiller disse Stoffer den samme Rolle. Tilgang af organisk Stof faar Jordbunden dels fra døde Planter (navnlig Rødder) og Dyr eller Dele af disse, som nedfaldne Blade og Ekskrementer, der ved rodende Dyrs Virksomhed blandes med de mineralske Bestanddele af Jorden, og dels tilfører man det kunstigt i Form af Naturgødning, Tørvejord m. m., hvor Jorden dyrkes.

b. I de sure Humusaflejringer, som Tørv, Hede- og Skovmor, der kan indeholde fra c. 10—90 % organisk Stof, standser som nævnt Nedbrydningen af dette hurtigt med Dannelsen af Humussyrer, der paa flere forskellige Maader kommer til at bestemme Jordbundens Karakter. Næsten alle Bakterier og Dyr forsvinder, kun nogle Svampe og saadanne nøjsomme højere Planter, der kan udnytte en Del af de organiske Stoffer og taale Syrerne samt den lavere Temperatur, der til Stadighed hersker i saadan Jord, kan trives her. Ti efterhaanden forsvinder de vigtigste uorganiske Næringsstoffer ved Opløsning og Udvaskning af Humussyrerne. Tilbage bliver ofte kun uopløselige Kvartskorn, der aflejrer sig som et snehvidt Lag, af saakaldet Blysand under Humuslaget, idet det ligefrem slemmes fra dette med det nedsivende Vand. Men ogsaa Undergrunden paavirkes, hvor Humussyrerne trænger ned; ti her gaar disse ofte over i uopløselig Form og kitter derved den mineralske Jord sammen til Al-Lag o. l., der gør det vanskeligt for Planterødderne at trænge i Dybden. Den sure Humus er som Regel yderst fattig paa Kali, Fosforsyre og Kalk, og skønt der kan ophobes indtil flere Procent Kvælstof i den, er dette kun til Stede i organiske Forbindelser og er meget vanskelig tilgængeligt for Planterne. Disse viser endogsaa hyppigt tydelige Tegn paa Kvælstofhunger i saadan kvælstofrig Bund. Og selv om denne er yderst fugtig og vanddrukken, som i Moserne, har Plantevæksten gerne samme Karakter som den tørre Bunds Planter, fordi Vandoptagelsen gennem Rødderne under den herskende lave Temperatur foregaar for langsomt til at dække et Vandtab, der ellers vilde finde Sted ved Fordampning gennem de overjordiske Organer i en forholdsvis varm Luft.

Dyndaflejringer under Vand kan føre til Dannelsen af lignende Jordbundsformer som Tørven, men dog i Reglen bestaa-

ende af mere blandede Elementer, fordi saa mange Vanddyr med Kalkskaller o. l. synker ned deri.

Skønt der her kun kan være Tale om at fremhæve nogle enkelte Eksempler paa typiske Humusjorder, skal dog endnu nævnes den Mellemform mellem Muld og Tørv, som repræsenteres af den paa de russiske Stepper og andetsteds vidt udbredte Sortjord. Tiltrods for, at der i denne er ophobet langt mere Humus end sædvanligt i Muldjorden, har den dog ikke nogen udpræget sur Reaktion, og denne Jordbundsform er derfor rig paa opløselige Plantenæringsstoffer og overordentlig frugtbar. — Ogsaa i vort Land kan der pletvis træffes lignende Humusjorder, og i Alperne er de ret udbredte.

Forøvrigt maa det bemærkes, at Humusaflejringer kun er almindelige i de kolde og tempererede Zoner. Hvor der hele Aaret rundt hersker en højere Temperatur, omsættes det organiske Stof saa hurtigt, at Ophobning af det ikke kan finde Sted, og derfor er de varmere Egnes Jordbund i Regelen yderst muldfattig. —

Jordbundens Stofskifte. I det hele taget er det ikke alene Jordbundens fysiske og kemiske Natur, der bliver bestemmende for dens Værdi som Næringsbund og Opholdssted for levende Væsener, men de klimatiske Forhold — der igen hænger sammen med den geografiske Beliggenhed, Højden over Havet o. l. —, Niveauforholdene, de af forskellige Aarsager netop tilstedeværende Organismer og ikke mindst Menneskets Behandling af Jordbunden kan ganske ændre dens biologiske Karakter. Af de klimatiske Faktorer er det saavel Temperaturen som Nedbørens Mængde og Fordeling, Luftfugtigheden, Lysmængden og Vindforholdene, der har Betydning. Som Eksempel herpaa skal kun mindes om, at lette Sandjorder kan give forholdsvis store Afgrøder i en kold og regnfuld Sommer, og at stærke Lerjorder omvendt giver bedst Udbytte i forholdsvis tørre og varme Somre, eller at den samme mineralske Jordbund ganske skifter Karakter, eftersom den er bevokset med Skov, eller den ligger nøgen hen, udsat for Lyset og Vindens udtørrende Indflydelse. Og Mennesket har det nu i Virkeligheden i sin Magt, hvor det raader over Vand, og Temperaturforholdene ikke er alt for ugunstige, at gøre næsten en hvilken som helst Jordbund frugtbar, ved Overrisling, Dræning, Bearbejdning, Gødskning osv.

Men for at højere Planter og Dyr skal trives vel i en Jordbund, synes det at være en Betingelse, at den er rigt befolket med lavere Organismer, Mikrober, og da særlig med Bakterier. Jordbunden maa til en vis Grad selv være levende for at underholde Livet. Den maa have et Stofskifte, der i meget minder om en Organismes, maa optage, omsætte og udskille Stof og saaledes stadig forny sig selv. Forvitringen og den dermed nøje forbundne Absorption af mineralske Stoffer maa ikke gaa i Staa for længere Tid, og det organiske Stof, der ad forskellige Veje tilføres den, maa bestandig sønderdeles til uorganiske Forbindelser, ved hvilken Proces netop Mikroorganismerne er saa virksomme og derfor af en saa stor Betydning for Jordbunden. Hvor dette Stofskifte standser, bliver den syg — man taler ogsaa om sund og usund Jordbund —, og Jordbundspleje, der jo altid har til Formaal at producere saa meget levende Stof gennem den som muligt, maa derfor, bevidst eller ubevidst, gaa ud paa at faa Jorden til at fordøje og omsætte sit Forraad, eller hvad der tilføres den af Raamateriale for Organismernes Næringsstoffer.

Den gamle Begravelsesformular: »Af Jord er Du kommen, til Jord skal Du blive etc.« gælder ret bogstaveligt for alle levende Væsener. Af Jordens Mineralier, af Vand og Luftens Kulsyre komponerer Planterne de mest forskelligartede organiske Stoffer, der i nogen Tid kan vandre fra den ene Organisme til den anden, men før eller senere vender tilbage til Jorden igen, hvor Nedbrydningen af de døde Dyrs og Planters Legeme foregaar saaledes, at de enkelte Grundstoffer frigøres af deres organiske Forbindelser og danner ganske simple uorganiske Molekuler: Kulstoffet fraspaltes som eller iltes til Kulbrinter og Kulsyre, Kvælstoffet frigøres som Ammoniak, der senere overføres til Salpetersyre, Brint iltes til Vand, Svovl til Svovlsyre, Fosfor til Fosforsyre og Metallerne Kali, Natron, Magnesia, Kalk, Jærn osv. bindes til de frigjorte Syrer som Salte. Herefter er de alle ypperlige Næringsstoffer for de højere Planter, og Kredsløbet begynder paany (se S. 90 ff.).

Og det er hovedsagelig Bakterierne, som besørger de Stadier af Kredsløbet, der fuldføres i Jordbunden. Ved de Processer, man kalder Formuldning, Forraadnelse, Gæring og Nitrifikation osv., er Bakterierne de vigtigste agerende, omend andre Mikrober (Svampe og forskellige Smaadyr) lejlighedsvis medvirker som Statister. Og i den sunde, frugtbare Jord, hvis Stofskifte forløber

normalt, mylrer det derfor ogsaa med Bakterier. De kan findes i et Antal af mange Millioner pr. Gram Jord, og en Mængde forskellige Arter, hver med sin særlige Evne til at nedbryde bestemte organiske Stoffer, lever mellem hverandre og virker sammen til eget og andre Organismers Bedste. Kun undtagelsesvis gør disse Smaavæsener egentlig Fortræd overfor deres Medskabninger. De allerfleste af dem er nyttige, ja, for de andre ganske uundværlige Væsener, der holder vigtige Hjul i vor Klodes samlede Livsmaskineri i Bevægelse, og hvis rette Virkeplads netop Jordbunden er.

Gifte.

Af de utallige Organismer, der fødes, er det som bekendt kun et forholdsvis ringe Antal, der faar Lov til at fuldføre et normalt Livsløb, medens de allerfleste, af forskellige Aarsager, gaar til Grunde, før Artens gennemsnitlige Levealder er naaet. Og blandt de livsforkortende eller dødbringende Aarsager spiller de Stoffer, man kalder Gifte, en særlig fremtrædende Rolle. De findes nemlig ikke alene rundt omkring i Naturen, hvor Organismerne let ved en Tilfældighed kan komme i Berøring med dem, men de anvendes ogsaa mere planmæssigt af den ene Organisme til at dræbe den anden. Saaledes benytter bl. a. Mennesket systematisk Giftstoffer til at udrydde en Række for det skadelige Dyr og Planter, foruden at Giftmord paa andre Mennesker eller Selvmord ved Anvendelsen af Giftstoffer jo heller ikke hører til Sjældenhederne.

Et overordentlig stort Antal Sygdomme beror paa Giftvirkninger, fremkaldte f. Eks. af Snyltere (bl. a. de farlige Infektionssygdomme) eller af Organismen selv, der under Stofskiftet kan producere og ophobe Stoffer, som er giftige for den. Meget ofte finder Giftene Vej til Legemet med Fødemidlerne eller med Indaandingsluften, mellem hvilke de kan være indblandede, eller selve Fødemidlerne kan, naar de findes eller indtages i for store Mængder, virke som Giftstoffer. Dette sidste gælder f. Eks. nogle af de grønne Planters vigtigste Næringsmidler som Kulsyre (se S. 219) og de nødvendige mineralske Salte (se S. 88 og 238), der kun taales i meget ringe Mængder. Og selv om et Giftstof ikke straks medfører Døden, kan det dog ofte fremkalde en saadan Svækkelse af Organismen, at dennes Liv forkortes.

Men ligesom for store Doser af i og for sig nødvendige eller gavnlige Næringsstoffer kan blive skadelige, kan Stoffer, der under almindelige Forhold regnes for farlige Gifte, virke gavnligt — stimulerende, styrkende eller helbredende (bl. a. overfor andre Giftvirkninger) — eller endog tjene som Næringsstoffer, naar de anvendes i ringe Mængder. Vi finder nemlig blandt Giftstofferne nogle af de allervigtigste Læge- og Forebyggelsesmidler overfor Sygdomme — noget, der undertiden beror derpaa, at visse sygdomsvækkende Snyltere er mere følsomme overfor bestemte Gifte end deres Vært —, ligesom vi ogsaa blandt Giftene finder en Mængde Antiseptika og Desinfektionsmidler, der har faaet saa stor Betydning i hygiejnisk Henseende. I de Giftstoffer, der fortrinsvis paavirker de sensitive (følsomme) Nerver, har man saadanne smertestillende og bedøvende Midler (Anæstetika og Narkotika), der tilligemed de antiseptiske Stoffer danner Grundlaget for hele den moderne Operationskunst. Den indirekte Nytte, man herigennem har af Gifte, kan vanskeligt vurderes højt nok.

Paa mange andre Maader har Giftene ydet Videnskaben og Praksis de største Tjenester, f. Eks. som Konserveringsmidler for anatomiske Præparater og andre Musæumsgenstande, for Tømmer (Imprægnering, Maling), for Klædevarer o. m. a., der vilde ødelægges, naar man ikke kunde holde Bakterier, Svampe, Insekter o. l. borte fra dem. Derfor benyttes Gifte af saa at sige hvert Menneske i det daglige Liv til forskellige nyttige Formaal.

Og endelig maa det ikke glemmes, at en meget stor Del af den Viden, vi nu sidder inde med om de normale Livsfunktioners Forløb, ogsaa er erhvervet gennem Anvendelsen af Giftstoffer. Ved Hjælp af narkotiserende Gifte er det nemlig muligt at lamme nogle Livsprocesser eller bringe dem til helt at standse, medens andre vedbliver at fungere og derved træder saa meget tydeligere frem. Og dette gælder ikke alene saadanne Virksomheder, der dirigeres af et fint mærkende Nervesystem (gennem sensitive og motoriske Nerver), men ogsaa f. Eks. sammensatte Stofskifteprocesser (bl. a. hos Planter), hvis enkelte Led paa denne Maade har kunnet adskilles. For de ekperimenterende Videnskaber, der beskæftiger sig med Analyse og Forklaring af Livsvirksomheder, har Giftstofferne derfor været et overordentlig nyttigt, ja, uundværligt Hjælpemiddel.

Giftene kan saaledes ikke alene ses under Synspunktet skadelige Stoffer, men det er med dem som med saa mange andre

Kræfter i Naturen, der, overladte til sig selv, hovedsageligt gør Ulykker, at et nærmere Kendskab til dem og til Lovene for deres Virkemaade har gjort det muligt for Mennesket at tage dem i sin Tjeneste, at udnytte dem paa forskellig Vis og at modvirke deres skadelige Indflydelse i saadanne Tilfælde, hvor de frembød Farer for levende Væsener, der skulde beskyttes og bevares.

Giftbegrebet. De almindelige Bemærkninger, der foran er fremførte om Gifte, vil gøre det indlysende, at det ikke vil være saa ganske let at finde en kort og klar Definition paa, hvad man da egentlig skal forstaa ved et Giftstof. Endnu vanskeligere maa dette forekomme, naar man tager i Betragtning, hvor uhyre mange forskellige Stoffer med yderst forskellige Virkninger paa Organismerne og deres enkelte Organer, man almindeligvis regner til uomtvistelige Giftstoffer. Og hertil kommer endelig, at Lægens, Juristens og Lægmandens Opfattelse langt fra altid falder sammen paa dette Punkt. Men da vi her skal behandle Sagen udelukkende ud fra biologiske Synspunkter, vil vi lade Juristens og Lægmandens Definition ude af Betragtning, medens vi paa den anden Side maa udvide Begrebet noget udover det rent medicinske.

Den umiddelbare Opfattelse af en Gift er vel nok denne, at den er et Stof, der er skadeligt for Sundheden eller endogsaa livsfarligt for Organismer. Men der gives næppe noget Stof, der under alle Forhold har disse Egenskaber. Tværtimod kan alle Giftstoffer under visse Omstændigheder være enten ganske virkningsløse eller udøve de helt modsatte Virkninger. Og Stoffer, der under sædvanlige Forhold er uden nogen Virkning eller gavnlige eller endog uundværlige Næringsstoffer for levende Væsener, kan f. Eks. i større Mængder eller anvendt paa særlig Maade udøve de farligste Giftvirkninger paa de samme Organismer. Eller Tilstedeværelsen af et andet Stof, f. Eks. et Opløsningsmiddel, kan helt ophæve et sædvanlig meget giftigt Stofs Indvirkning paa levende Væsener. Som Eksempler paa saadanne Tilfælde skal foruden de S. 245 anførte endnu nævnes følgende: Saa farlige og stærke almindelige Gifte som Cyankalium og Karbolsyre kan i meget stærk Fortynding tjene som Næringsstoffer for visse Svampe og Bakterier, og Svovlsyre, der i koncentreret Tilstand er en ætsende Gift, kan i tilstrækkelig Fortynding nydes som en behagelig, syrlig Drik. Crotonolglycerid er ved Indsprøjt-

ning under Huden ganske uvirksomt, medens det fra Tarmen har den frygteligste Virkning, fordi det her omdannes til den farlige Crotonolsyre. Og omvendt er den frygtede indianske Pilegift, Curare, næsten uskadelig, naar den optages gennem Fordøjelseskanalen, medens den indsprøjtet under Huden i ganske smaa Doser hurtigt lammer Nervesystemet. Hvis destilleret Vand indsprøjtes direkte i Blodkarrene, kan det virke som en livsfarlig Gift ved at opløse de røde Blodlegemer og derved fremkalde alvorlige sekundære Forandringer i Tarm, Lever og Nyre. Og den frie Ilt, der er nødvendig for de allerfleste levende Væseners Aandedræt, vil ogsaa i Længden virke som Gift, naar den findes i ren Tilstand uden Fortynding med Kvælstof eller andre indifferente Luftarter (se S. 192—93 og 219). Medens Kalisalte hører til alle Organismers uundværlige Næringsstoffer, kan dog Indførelsen af blot en ringe Mængde af dem i Blodet hidføre Døden. Paa disse interessante Forhold ligesom paa Opløsningsmidlernes ejendommelige Indflydelse paa Giftstoffers Virkning vil der blive givet flere Eksempler i det følgende.

I Stedet for at forsøge at give en Definition paa Giftstoffer vil vi derfor hellere indskrænke os til at sige, at Giftighed er en Egenskab, der under visse Betingelser er knyttet til visse Stoffer, og som bestaar deri, at disse virker forstyrrende eller ødelæggende paa de levende Celler, hvad enten dette sker i Kraft af kemiske Reaktioners Indtræden eller gennem Ændringer i det levende Stofs fysiske Tilstand. Derimod hører de mekaniske Beskadigelser, som kan hidføres ved Paavirkning af Stoffer, ikke med til Giftvirkninger. — .

Idet vi senere kommer ind paa flere enkelte Giftstoffers Virkemaade, skal vi først give en kort Oversigt over almindeligt forekommende Gifte og saadanne sjældnere forskommende eller kunstigt fremstillede, der i en eller anden Henseende frembyder særlig Interesse.

Giftstoffers Forekomst og Dannelse. Der findes vist næppe noget Grundstof, som ikke enten i fri Tilstand eller i en eller anden Forbindelse kan være giftigt, og derfor er Forekomsten af uorganiske Gifte ude i Naturen langt fra sjælden, ligesom de kunstigt fremstilles i overordentlig stort Antal, for enten at tjene som Gifte eller til andre Formaal, eller de opstaar som Biprodukter ved talrige Virksomheder i den kemiske Industri, ved For-

brændinger o. l. Der kan da her kun være Tale om at anføre nogle enkelte Eksempler af denne store Mangfoldighed. Af Metalloiderne er særlig Fosfor, Arsen- samt en Del Kulstof- og Kvælstofforbindelser stærkt giftige, d. v. s. skadelige i meget smaa Mængder, og Grundstoffer som Fluor, Klor og Brom og de stærke uorganiske Syrer (Saltsyre, Svovlsyre og Salpetersyre) har ogsaa meget kraftige Virkninger. Af Metallerne er særlig de tunge, fremfor alle Kvægsølv — baade i ren Tilstand og i de fleste af dets Forbindelser — og endvidere Bly, Sølv, Guld, Platin, Kobber m. fl. i mange af deres Forbindelser meget giftige. Farlige Gifte er endvidere Baryumsalte og, indførte i Blodet, for Dyr tillige Kalisaltene. Ligesom de frie Mineralsyrer er ogsaa Alkalihydraterne ved deres ætsende Egenskaber i højeste Grad ødelæggende for de levende Væv.

Mest udbredte i Naturen er dog de organiske Giftstoffer, fordi de produceres af talrige Dyr og Planter.

Blandt giftproducerende Dyr maa særlig nævnes Slanger, enkelte Padder, mange Fiske og Insekter (Bier, Hvepse, Myrer og Billearten Spansk Flue), endvidere Skorpioner, Edderkopper, Midder, Skolopendre, mange Snylteorme, enkelte Muslinger, Neldedyr m. fl., medens der blandt de højere varmblodige Hvirveldyr kun kendes et enkelt, Næbdyret (*Ornithorhyncus paradoxus*), der producerer en Gift, som udskilles — her fra en Giftkirtel, der munder ud i en bevægelig Spore paa Baglemmerne. I dette sidste og enkelte andre Tilfælde er Giften for de paagældende Dyr at betragte som et Forsvarsmiddel, men for det meste tjener den dem under Angreb til at lamme og dræbe deres Bytte. — Ret almindeligt er det forøvrigt, at der i den dyriske Organisme produceres giftige Forbindelser under Stofskiftet. Saaledes skal til Stadighed Pattedyrenes Binyrer indeholde en ret kraftig Gift, der kaldes Adrenalin, og hvis Galdesyrerne indsprøjtes i Blodet, kan de ogsaa fremkalde farlige Forgiftningstilfælde. Meget almindeligt er det, at der i den dyriske Organisme indtræder en Selvforgiftning, Autointoksikation, naar giftige Stofskifteprodukter ikke hurtigt nok udskilles, men tværtimod ophobes, og især under sygelige Tilstande, naar Stofskiftet ikke forløber normalt. Ja, det har ofte været fremsat som en almindelig biologisk Lov, som dog næppe er helt rigtig, at alle Organismer producerer Stoffer, der er giftige for dem selv. Men en udstrakt Gyldighed har denne Lov i hvert Fald i Dyreriget.

Endnu hyppigere forekommende er dog sikkert de for Dyrene farlige Gifte fra Planteriget. Giftplanternes Antal er overmaade stort, og hele Plantefamilier er endogsaa berygtede i saa Henseende, f. Eks. Natskygge-, Ranunkel-, Skærmplante-, Agurke- og Vortemælkfamilien m. fl. En særlig fremtrædende Plads blandt Giftplanterne indtager endvidere mange Svampe og Bakterier.

Medens de dyriske Giftes kemiske Natur for største Delen er ukendt, ved man noget bedre Besked desangaaende med Plantegiftene. Man kender saaledes særdeles godt den kemiske Sammensætning af Alkaloiderne, som Morfin (der vindes af Opiatvalmuens Mælkesaft), Nikotin (af Tobaksblade), Coniin (af Skarntyde), Atropin (af Galnebær og Pigæble), Kinin (af Kinatræets Bark), Stryknin (af Rævekager), eller af Glykosider som Solanin (af Natskygge-Arter), Helleborein (af Nyserod), Digitalin (af Fingerbøl), Podophyllin (af *Podophyllum peltatum*), foruden af en Mængde æteriske Oljer og Kamferarter, af Gæringsprodukter som Alkoholer og fede Syrer, af de ved Forraadnelse opstaaede Ptomaïner (Liggifte), der for en stor Del er Aminer og deres Afledningsprodukter, o. s. v. Flere af disse Stoffer har man derfor ogsaa kunnet fremstille kunstigt (syntetisk). Men der findes dog en Del, og meget vigtige, Plantegifte, hvis kemiske Natur man slet ikke er klar over, saaledes de mærkelige Gifte Abrin, Crotin og Ricin, der vindes af Frøene af henholdsvis *Abrus precatorius*, *Croton Tiglium* og *Ricinus communis* (den Plante, der leverer amerikansk Olje), og som saavel i deres Virkninger som i deres kemiske Forhold synes at staa Slange- og Bakteriegiftene nær. At regne disse sidste til Æggehvidestofferne (Toksalbuminerne), som man tidligere har gjort, synes slet ikke at være berettiget.

Men nu er man jo desuden i Stand til kunstigt at fremstille et overmaade stort Antal organiske Gifstoffer, der finder en udstrakt Anvendelse til forskellige Formaal, saaledes Cyanforbindelser (Blaasyre, Cyankalium), fede Legemer som Alkohol, Æter, Kloroform, Kloral, Formaldehyd, Akroleïn, Oksalsyre o. m. fl., en stor Mængde aromatiske Kulbrinter, Alkoholer, Syrer og deres Substitutionsprodukter (Toluol, Thymol, Kresol, Karbolsyre o. a. Tjæreprodukter, Resorcin, Salicylsyre, Kinosol, Anilinforbindelser, Naftalin, flere Alkaloider og Glykosider o. s. v.), hvoraf flere er saadanne, som man oprindeligt har fundet i Planter.

Man har da ogsaa faaet oplyst, at visse kemiske Radikaler har særlig giftige Egenskaber. Og ved en Kombination af flere saadanne, f. Eks. af Arsengrupper med Amino- og Fenylgrupper paa forskellig Maade, har bl. a. EHRLICH kunnet danne Gifte af en forud beregnet Styrke. Sikkert vil man ad denne Vej — saaledes som alle vundne Resultater giver Løfter om — efterhaanden naa til en endnu mere rationel Anvendelse af Gifte og til en dybere Forstaaelse af deres Virkemaade (se senere). Ti foreløbig er det kun undtagelsesvis, at man med Sikkerhed tør slutte fra den kemiske Konstitution af et Stof til dets giftige Virkninger, hvorfor Giftlæren (Toksikologien) hidtil næsten udelukkende har maattet bygge paa Erfaringer og Forsøg.

Giftvirkninger. For ret at forstaa Virkemaaden af Gifte maatte man have et nøje Kendskab til saavel disses kemiske og fysiske Egenskaber som til det levende Stof, der bliver angrebet af dem. I det langt overvejende Antal Tilfælde maa man nemlig antage, at Giftvirkningen beror paa en eller anden kemisk Reaktion, men hvori denne bestaar, ved vi ofte slet ingen Ting om. Saaledes er Forholdet netop med Hensyn til nogle af de for Dyr og Mennesker allerfarligste Gifte (Slangegifte og Bakterietoksiner), paa hvis Virkninger man derfor foreløbig kun kan give hypotetiske Forklaringer (se senere).

Naturligvis er alle de Stoffer Gifte, der opløser, ætser eller paa anden Maade direkte destruerer Cellens almindelige Bestanddele, saasom frie, stærke Mineralsyrer og Alkalier, Helvedessten, Resorcin, stærkt iltende Stoffer, frit Fluor, Klor og Brom m. fl. Men i Virkeligheden hører den Slags Stoffer til de mindre farlige, dels fordi de ikke forekommer almindeligt udbredte i Naturen, dels fordi man uvilkaarligt udviser Forsigtighed overfor dem, og endelig fordi deres Virkninger i Reglen bliver stærkt lokaliserede, da de som oftest straks forener sig med det Stof, hvormed de kommer i Berøring, og derfor ikke som saadanne kan føres ret langt omkring i Organismen med Blodet og andre Safter. En Undtagelse herfra danner flere fortyndede Syrer som Saltsyre, der let føres omkring i Blodet og her virker ved at ophæve dettes Alkalescens.

Langt farligere er derimod en anden Gruppe Gifte, der ogsaa angriber alt levende Stof og virker dræbende i ganske smaa Mængder, men som, fordi de enten er neutrale Salte eller i ke-

misk Henseende indifferente Stoffer, lettere kan transporteres omkring i Organismen og derved ogsaa komme til at angribe dybere liggende Bestanddele. Uden at fremkalde stærkt iøjnefaldende Forandringer forener disse Giftstoffer sig med vigtige Dele af Cellens Protoplasma og forstyrrer derved dettes Struktur. Hertil hører f. Eks. Sublimat, Baryumsalte, Cyanforbindelser, Kloroform, Formaldehyd m. fl., der sædvanlig i Koncentrationer paa 1—2 $^0/_{00}$ vandig Opløsning i Løbet af faa Minutter er dræbende for alle Celler, eller saadanne Stoffer som Fosfor og Arsenforbindelser, Karbolsyre og Thymol m. fl., af hvilke der kræves lidt stærkere Koncentrationer. De her nævnte Stoffer regnes da til de almindelige Gifte.

Der findes saa ogsaa en Mængde specifike Gifte, der kun virker paa bestemte Celler eller Cellebestanddele, og som kan være yderst farlige for de Organismer, hos hvilke de netop finder Angrebspunkter, medens de er ganske uskadelige for andre. Af saadanne Gifte er en Del specifike for Planter eller for visse Grupper af Planter, medens de er helt eller relativt uskadelige for Dyr eller visse Dyr, og omvendt. Hvis det er Gifte, der kun virker paa bestemte Organer eller Organbestanddele, f. Eks. paa Hjerte, Nyrer, Aandedrætsorganer, Muskel- og Nervevæv eller paa Blodets Bestanddele o. l., er Virkningen selvfølgelig indskrænket til saadanne Dyr, der er i Besiddelse af de nævnte Organer. Som Eksempel herpaa skal kun anføres Kulilte, der er saa overordentlig farlig en Gift, fordi den saa begærligt forener sig med det røde Blodfarvestof (Hæmoglobinet) og derunder fortrænger dettes Ilt. Det er da en specifik Blodgift. Og naar der ofte viser sig en saa mærkværdig forskellig Modtagelighed indenfor nærstaaende Dyre- eller Plantegrupper eller endog indenfor Individer, der hører til samme Art, overfor en bestemt Gift eller en Snylter, der producerer en saadan, kan dette bl. a. hidrøre fra, at vedkommende Gift enten angriber en for denne Organisme karakteristisk, men særlig vigtig, Bestanddel, eller at en anden mindre vigtig Bestanddel ved at binde Giften gør den uskadelig straks efter dens Indtrængen i Legemet. Saaledes antages det at forholde sig med Virkningen af de Gifte, der produceres af Slanger og nogle andre Giftdyr, af Bakterier og Snyltesvampe og med flere andre naturligt forekommende eller kunstigt fremstillede Giftstoffer.

Særlige Grupper danner endelig de Gifte, der enten ved at ophobes i — fordi de kun langsomt udskilles af — Organismen

kan fremkalde langvarige og ofte yderst farlige sygelige Tilstande (f. Eks. Bly), eller saadanne, der, hvis de ikke straks dræber, har en mere forbigaaende Virkning, fordi de hurtigt udskilles eller paa anden Maade uskadeliggøres af Legemet (f. Eks. mange Bedøvelsesmidler (narkotiserende Stoffer) som Kloroform, Alkohol, Æter m. fl.). De sidste Stoffers Virkninger er vistnok ofte for en stor Del af rent fysisk Art, idet de ved at opløses i og trænge ind imellem Cellebestanddelene for en Tid forstyrrer Protoplasmaets Struktur uden just at indgaa kemiske Forbindelser med noget levende Stof.

Hvad der imidlertid bidrager til at gøre hele Giftlæren og Anvendelsen af Gifte paa en Gang saa vanskelig og saa yderst interessant, er dette, at en Gifts Virkning aldrig er absolut, men altid afhængig af en Række Omstændigheder, af hvilke vi her skal nævne nogle af de vigtigste.

1. Giftens Mængde og Tilstand. Et Stofs Giftighed kan i en vis Forstand siges altid at være et Kvantitetsspørgsmaal. Der gives for alle, selv de farligste Gifte, et Minimum af Mængde, under hvilket alle Giftvirkninger er forsvundne eller endog afløste af modsatte, gavnlige, Virkninger. Og de allerfleste Stoffer er — forudsat at de forefindes i en saadan Tilstand, at de kan reagere paa det levende Stof — giftige, saa snart deres Mængde overstiger en vis Grænse opadtil, selv om de under denne iøvrigt tjener som uundværlige Næringsstoffer. For de fleste Giftstoffer regner Lægerne med 4 forskellige Doser, der med størst mulig Nøjagtighed er bestemte efter deres Virkninger paa Mennesker og Husdyr, nemlig 1) den uvirksomme (indifferente), 2) den helbredende (terapeutiske), 3) den giftige (toksiske) og 4) den dødelige (letale) Dosis. Jo stærkere Giften er, des mindre er naturligvis disse Mængder. Af meget stærke Gifte kan f. Eks. nævnes Blaasyre, Cyankalium, Nikotin og Stryknin, af hvilke den dødelige Dosis for en Hest udgør f. Eks. af Blaasyre 0,5—1 Gram (10—20 Draaber), af Stryknin 0,2—0,3 Gram (for et Menneske 0,03—0,1 Gram). Til de allerstærkeste Gifte hører de af Bakterier dannede Toksiner. Saaledes er f. Eks. 0,25 Milligram = $^1/_{200}$ Draabe af Stivkrampebacillens Gift (Tetanustoksinet) tilstrækkelig til at dræbe en Hest eller 0,00005 Milligram nok til at dræbe en Mus. Til Sammenligning hemed tjener, at den dødelige Dosis for en Hest af en af de stærkeste mineralske Gifte, Sublimat, er 5—10 Gram, af Arsenik 10—15 Gr., af

absolut Alkohol 250 Gr., af Kogsalt 1000—1500 Gr.[1]). De Giftmængder, Dyr med samme Modtagelighed kan taale, staar i nogenlunde Forhold til deres Vægt, og man beregner derfor ofte Doserne pr. Kilogram Legemsvægt.

Der er dog ikke altid et bestemt Forhold mellem de absolute Mængder af et Giftstof og dets Virkninger, ti her bliver bl. a. den Tilstand, hvori det anvendes, ogsaa af største Betydning. Det ellers saa giftige Grundstof Fosfor forekommer f. Eks. ogsaa i en særlig Modifikation, som saakaldet rødt Fosfor, der ikke er giftigt; men dette hænger sammen med, at det som saadant er uopløseligt, bl. a. i Olje, og derfor ikke kan resorberes af Maven og Tarmen. Og i det hele taget vil uopløste, faste Stoffer som Regel være lidet giftige, med mindre de let bringes i Opløsning der, hvor de indføres i Organismen. Dette er nu i og for sig ikke saa mærkeligt, da Stofferne i fast Tilstandsform paa Grund af den forholdsvis ringe Overflade, de frembyder, eller fordi de vanskeligere kommer i inderlig Berøring med andre Stoffer, overhovedet reagerer langt svagere kemisk end i flydende eller opløst Tilstand. Flere Gifte virker overensstemmende hermed ogsaa des kraftigere, jo mere fint fordelte de er (som Pulvere).

Man anvender da ogsaa mest Giftstoffer i opløst Tilstand, og her faar igen Opløsningsmidlet den største Betydning. Medens saa farlige Gifte som Sublimat (Kvægsølvklorid) og Helvedesten (Sølvnitrat) i vandige Opløsninger paa et Par Promille i Løbet af nogle faa Minutter dræber de mest modstandsdygtige Bakteriesporer (Miltbrand), er Opløsninger i absolut Alkohol, af Sublimat paa 1,7 % og af Sølvnitrat paa 4,25 %, overhovedet ikke i Stand til indenfor et langt længere Tidsrum at dræbe de paagældende Bakterier. Men en Opløsning af Sublimat i 25 % Alkohol er paa den anden Side noget kraftigere bakteriedræbende end en vandig Opløsning. Dog Gifte som Blaasyre og Stryknin virker opløste i Alkohol langt kraftigere end i vandig Opløsning, fordi de i første Tilfælde hurtigere resorberes af Maven. Opløst i Olje har Karbolsyre kun en ringe Giftighed, medens Fosfor i Oljeopløsning virker kraftigere end i andre Opløsningsmidler. Enkelte af disse mærkelige Forhold kan vel forklares ud

[1]) Alle de her angivne Tal gælder Giftoptagelse gennem Fordøjelseskanalen. Indsprøjtede i Blodet vilde for flere af dem den dødelige Dosis være endnu mindre.

fra Opløsningsmidlets Indflydelse paa Giftstoffets Dissociation eller paa den Lethed, hvormed dette bringes i Opløsning i forskellige Opløsningsmidler, men meget heraf er dog endnu ganske gaadefuldt. Saaledes bl. a. ogsaa den Maade, paa hvilken Blandinger af Alkohol- og Vanddampe virker overfor Bakterier (antiseptisk). Dampe, i hvilke Alkoholen udgør indtil 10 %, virker paa Miltbrandsporer svagere end rene Vanddampe. Og at dette ikke alene beror paa, at Kogepunktet er bleven noget lavere, fremgaar af, at Blandinger med 50—75 % Alkohol, der har endnu lavere Kogepunkt, virker omtrent lige saa kraftigt som rene Vanddampe, medens Virkningen igen aftager, naar Alkoholmængden overstiger 75 %, og er bleven omtrent Nul ved 95 %.

Tilstedeværelsen af et andet let opløseligt Stof samtidig med en Gift (f. Eks. Kogsalt sammen med Sublimat) i vandig Opløsning kan ogsaa nedsætte Giftigheden, og her ikke, fordi der er foregaaet nogen kemisk Omsætning mellem de to Stoffer indbyrdes, men sandsynligvis fordi Giftstoffets Dissociationsgrad (i det nævnte Tilfælde Antallet af frie Kvægsølvioner) er bleven formindsket. Selvfølgelig kommer Giftens Opløselighed eller Sammentræf med andre Stoffer i Cellebestanddelene ogsaa til at spille en overordentlig vigtig Rolle.

Stor Betydning kan det tillige have, om Giftstoffet f. Eks. er til Stede som fri Base eller Syre eller som Salt, uden at det dog i sidste Tilfælde behøver at være mindre giftigt end i de første. Ogsaa her bliver Dissociationsgraden ofte den afgørende.

Desuden har den Temperatur — i visse Tilfælde tillige det Lufttryk —, under hvilke Giften virker, Betydning, saaledes at Virkningen i Regelen er kraftigst ved høj Temperatur og lavt Lufttryk: men det omvendte kan dog ogsaa være Tilfældet. Flere Gifte, som nogle af Bakterietoksinerne, sønderdeles imidlertid ved Opvarmning, medens andre, som Liggiftene (Ptomainerne), meget vel taaler Kogning.

Endelig maa det bemærkes, at de Giftstoffer, der vindes af Planter og Dyr, kan variere stærkt i Giftighedsgrad (mer og mindre ondartede Bakterier af samme Art), og at de f. Eks. ved Opbevaring enten kan svækkes eller blive kraftigere, idet de undergaar Iltninger eller omdannes ved andre kemiske Omsætninger. Giftenes Herkomst, Alder og Fremstillingsmaade er derfor et Moment af stor Betydning ved deres Anvendelse. Og man kan

i saa Henseende aldrig udvise for stor Forsigtighed, hvor de skal anvendes som Læge- og Forebyggelsesmidler.

2. Modtageligheden hos de levende Væsener. Tidligere (S. 251—52) er der givet en delvis Forklaring paa, hvorfor visse Gifte, de almindelige, virker paa alle levende Væsener, medens andre, de specifike, er begrænsede i deres Virkninger til saadanne Organismer eller Organer, hvor de i Kraft af fysiske og kemiske Reaktioners Indtræden finder særlige Angrebspunkter i levende Stofgrupper. En dybere Forstaaelse heraf har vi dog kun, for saa vidt vi virkelig kan udrede de indtraadte Reaktioner, og paa mange Punkter glipper denne, hvor nærstaaende Organismer viser sig at være meget forskelligt modstandsdygtige overfor samme Gift, idet selv de almindelige Gifte taales i meget forskellige Mængder, uden at vi kan paavise tilsvarende Forskelligheder hos de enkelte Organismer. Men endnu mere gaadefulde bliver Giftvirkningerne, hvor vi slet ikke kender Giftens kemiske Sammensætning eller ret ved, hvad det er i Organismen, som den angriber eller uskadeliggøres af. Og i alle saadanne Tilfælde tyer vi da til Begreberne Modtagelighed og Uimodtagelighed (Immunitet) som et foreløbigt Forklaringsmiddel, skønt de i mange Tilfælde kun konstaterer et Faktum og er Udtryk for vor Uvidenhed om Sagens egentlige Sammenhæng. Men som et vigtigt Led i det empiriske Grundlag, paa hvilket Størstedelen af Giftlæren foreløbig hviler, hører Undersøgelsen af en Organismes Modtagelighed eller Uimodtagelighed overfor en Gift ikke alene til noget af det, der allerførst maa udføres under Giftstudier, men det er tillige en af de interessanteste Sider ved hele denne Videnskab.

Dog maa det straks betones, at Modtageligheden ikke er en uforanderlig Størrelse, der nøje kan fastslaaes for en bestemt Organisme overfor en bestemt Gift, men at den tværtimod kan variere med en Række andre Forhold, saaledes f. Eks., at den kan erhverves eller tabes paa forskellige Stadier af Livsløbet.

Idet vi senere vender tilbage til Forsøgene paa at forklare den forskellige Modtagelighed, skal vi først fremdrage nogle illustrerende Eksempler paa den.

Nogle af de for varmblodige Dyr allerfarligste Gifte, som Alkaloiderne (Morfin, Nikotin, Atropin, Stryknin) har i Regelen kun ringe Indflydelse paa Planter eller kan endog tjene som Næringsstoffer for nogle Mikroorganismer (Svampe og Bakterier). Men indenfor de forskellige Dyregrupper eller endog mellem for-

skellige Repræsentanter af saadanne Grupper som Padderne eller de varmblodige Hvirveldyr kan der ogsaa herske meget forskellig Modtagelighed overfor samme Gift. Snegle taaler f. Eks. let en Dosis Stryknin, som straks vilde slaa et Menneske ihjel. Paa Tudser virker Digitalisgiften saa at sige ikke, medens Frøer er overordentlig følsomme overfor den. Paa Insekter er de stærkeste Hjerte-Nervegifte uden Indflydelse. Pindsvin æder Hugorme, og Biddet af den giftigste Slange gør det ingen Fortræd. Høns kan æde Kantharider (spanske Fluer), Kaniner Belladonnablade (af hvilke Atropinet vindes) og Frøer store Mængder Morfin uden Fare for Sundheden. En Kanin taaler mere Morfin end et 50 Gange saa tungt Menneske, og Geder bliver ikke syge af saa store Doser Nikotin, som vilde dræbe et Menneske. Af de to nærstaaende Bakterier, Nitrit- og Nitratbakterier, benytter den første som et af sine vigtigste Næringsmidler Ammoniak, men dette Stof er for den sidste en lige saa farlig Gift som Sublimat og Formaldehyd. — Endogsaa indenfor samme Art kan de enkelte Individer vise højst forskellig Modtagelighed. Visse »Familier« indenfor Menneske»slægten« kan have en saa følsom Hud, at Indgnidning med Krotonolje paa et lille begrænset Sted kan fremkalde Betændelse paa store Dele af Legemets Overflade og Feber, medens dette Stof sædvanlig kun fremkalder lokale Betændelser i Huden, selv om det indsprøjtes under denne.

Børn og unge Dyr samt slet ernærede Individer er i Regelen langt mere modtagelige end ældre og vel ernærede. Men at det voksne Individ efterhaanden kan vænne sig til at taale langt større Giftdoser end oprindeligt, er velkendt fra saadanne, der til daglig nyder Alkohol, Tobak, Kaffe, Morfin, Arsenik o. s. v. De Mængder af Gifte, som den Slags Mennesker uden Skade taaler, vilde kunne fremkalde de heftigste Sygdomsanfald eller Døden hos den, der første Gang indtog samme Dosis. Eksempler paa, hvor hurtigt Tilvænningen kan ske, har man i Behandlingen mod Hundegalskab og Indsprøjtningen af f. Eks. Difteribakteriens Gift i de Heste eller Geder, hvis Blodserum skal tjene til Helbredelse eller Forebyggelse af Difteritissygdommen. Hver eller hveranden Dag indsprøjter man disse Mennesker eller Dyr saa stærkt stigende Giftmængder, at den, der taales efter nogle faa Dages Behandling, vilde være tilstrækkelig til at dræbe mange sunde Individer af samme Art, som ikke var blevne vænnede til Giften. Og naar man ofte kun een Gang i sit Liv eller dog kun

med lange Mellemrum kan faa den samme smitsomme Sygdom, da beror dette ogsaa paa, at Organismen under det første Sygdomsanfald har vænnet sig til den Gift, som foraarsagede Sygdommen, og derved har erhvervet sig Uimodtagelighed mod senere Angreb. Hvordan dette forøvrigt forklares, skal vi senere vende tilbage til.

Højst mærkeligt og foreløbig i Regelen ganske uforstaaet er det, at Stoffer, som i Almindelighed er uskadelige (eller endog Næringsmidler), kan virke som Gifte paa enkelte Personer, eller at visse Giftstoffer i saadanne Doser, der anvendes som Lægemidler, slet ikke taales af enkelte Individer. Dette Forhold kaldes Idiosynkrasi eller individuel Modtagelighed. Herhen hører saadanne Tilfælde, hvor Nydelsen af Hummer, Jordbær, Hindbær o. l. fremkalder en heftig Neldefeber, en Kop Kakao giver Kolik, Stanken fra Tudser bringer til at nyse, eller Indaandingen af de herligste Blomsterdufte (af Roser, Hyacinther, Violer og Liljer) hidfører Afmagt, Hallucinationer og andre nervøse Fænomener, eller dette, at enkelte Mennesker dør pludseligt under Kloroformnarkose, før Operatøren har gjort noget Indgreb. At denne gaadefulde Idiosynkrasi ikke beror paa Tilfældigheder eller en Række uheldige, sammenstødende Omstændigheder, fremgaar deraf, at den ofte er arvelig og knyttet til flere Medlemmer af samme Familie. Men forøvrigt kan den ogsaa undertiden erhverves ligesom anden Modtagelighed.

3. Anvendelsesmaaden og Invasionsvejen. Der gives forskellige Veje, ad hvilke Gifte kan komme til at virke paa det af mange Celler og forskellige Væv bestaaende Legeme. Tager vi f. Eks. de højere Dyr, vil der kunne blive Tale om en Indtrængen fra den ydre Overflade, gennem Aandedrætsorganerne eller fra Fordøjelseskanalen, og ved mekaniske Beskadigelser eller under Behandlingen af Saar kan Giften direkte finde Vej til Blod- og Lymfekar, hvilket ogsaa let kan ske ved Bid eller ved kunstig Indsprøjtning under Huden (subkutant) eller i Bughulen (intraperitonealt).

Og det er ikke altid saaledes, at Giften udøver sin Virkning netop paa det Sted, hvor den indføres i Legemet. Af den Grund har man tidligere skelnet mellem lokale og Fjern-Virkninger, men nogen Væsensforskjel mellem disse er der dog næppe, da man ikke kan antage nogen Giftvirkning uden ved direkte Berøring mellem Giften og de Organdele, paa hvilke den reagerer.

Og selv om de fjernere Virkninger ofte indtræder meget pludseligt, sker det dog næppe hurtigere end indenfor den Tid, det vil tage for Giften at blive transporteret med Blodet hen til det reagerende Organ.

Imidlertid er der i mange Tilfælde paafaldende Forskelligheder i Giftstoffernes Virkning efter den Maade, paa hvilken de indføres i Legemet. Som tidligere nævnt virker Curare-Giften, naar den indføres under Huden, hurtigt lammende paa de perifere motoriske Nerver og i store Doser ogsaa paa Centralnervesystemet, men optages den gennem Fordøjelseskanalen, er den næsten uden Virkning, tiltrods for, at den hurtigt resorberes og delvis udskilles i virksom Form gennem Nyrerne. Som Pilegift var den af den Grund for Indianerne saa at sige ideel. De Dyr, der ramtes af dem, blev kun bedøvede og faldt saaledes let i Jægerens Vold, og da de ikke døde af Giften, kunde de fra lange Jagtrejser hjemføres i frisk Tilstand, ligesom Nydelsen af deres Kød ikke frembød nogen Fare for Sundheden. Forklaringen paa denne Gifts mærkelige Forhold er vistnok denne, at den optages forholdsvis langsomt gennem Fordøjelseskanalen, men udskilles meget hurtigt, ikke blot gennem Nyrerne, men ogsaa i Tarmen, saa at der paa ethvert givet Tidspunkt kun cirkulerer en meget ringe Mængde af den i Blodet.

De fleste Gifte virker kraftigst, naar de indføres direkte i Blodet, med mindre de ved at passere Fordøjelseskanalen f. Eks. spaltes eller omdannes saaledes, at der herved opstaar særlig giftige Forbindelser. Men paa den anden Side bevirker denne sidste Passage ofte, at farlige Blodgifte, som f. Eks. Slangegiftene, omdannes til uskadelige Forbindelser. Nogle Gifte, som flere letopløselige Jærn- og Mangansalte, forholder sig saaledes, at de mærkværdigvis enten slet ikke opsuges af Tarmvæggene, eller, hvis de opsuges i den første Del af Tyndtarmen, udskilles igen længere nede. Som med Curare-Giften gaar det dog flere andre, f. Eks. Kalisaltene, at de udskilles, gennem Nyrerne, omtrent lige saa hurtigt som de optages, og derved ikke kommer til at ophobes i skadelige Mængder i Blodet.

4. Organismens Indvirkning paa Giftstofferne. Det er selvindlysende, at en Gifts Virkning paa Organismen ogsaa vil afhænge af, om den paa en eller anden Maade kan uskadeliggøres i denne — ved Forbrænding (Iltning), ved Reduktion, ved at forene sig med et andet tilfældigt nærværende Stof (f. Eks. i For-

døjelseskanalen), ved Parringer (Synteser), ved særegne Antistoffer (Modgifte), ved hurtigt at udskilles ved Fordampning eller Diffusion gennem Aandedrætsorganerne, Huden, Fordøjelseskanalen (Brækninger og Diarrhoeer) eller gennem særlige Kirtler o. s. v. — eller om den tværtimod ophobes i faretruende Mængder, naar den gennem længere Tid stadig er bleven optaget i smaa Doser. Det er naturligt, at alle de mange forskellige kemiske Forbindelser, der findes i en Celle eller i de mere sammensatte højere Organismers Legeme, paa en eller anden Maade vil reagere paa de fleste Giftstoffer, og derfor er det ogsaa kun undtagelsesvis, at disse passerer Legemet i uforandret Tilstand, som f. Eks. Kogsalt og Glaubersalt kan gøre det. De forskelligartede kemiske Omsætninger, Giftene efter deres Optagelse i Legemet kan blive Genstand for, gør da naturligvis Udredningen af Giftvirkningen i mange Tilfælde yderligere vanskelig. Hos de højere Dyr bliver det i første Række Fordøjelseskanalens Indhold og Blodets Bestanddele, der kommer til at modificere Giften. Men andre Organer vides dog ogsaa at have stor Betydning i saa Henseende, f. Eks. Leveren, der virker ligesom et Filter og sandsynligvis direkte uskadeliggør adskillige Giftstoffer.

Paa alle disse interessante Forhold kan vi nu ikke her komme nærmere ind, hvor fristende dette end kunde være, men vi maa nøjes med at pege paa et Par enkelte i saa Henseende meget oplysende Tilfælde.

De akute smitsomme Sygdomme som »Børnesygdommene« (Skarlagensfeber, Mæslinger, Kighoste), Difteri, Tyfus, Kolera o. s. v. opstaar, som man antager — og da ogsaa i flere Tilfælde har konstateret — derved, at bestemte Bakterier, som har fundet Indpas i Legemet, virker paa dette ved Hjælp af meget stærke Gifte, Toksiner, der udskilles af Bakterierne og føres omkring med Blodet, hvorunder der indtræder høj Feber og Ødelæggelse af forskellige Væv. Men naar Organismen har overstaaet en saadan Sygdom, er den i nogen Tid derefter uimodtagelig for et nyt Anfald af de paagældende Bakterier og taaler Indsprøjtning af ret store Mængder af deres Gift, fordi der i Legemet er dannet en Modgift, som neutraliserer den og ophæver dens Virkninger. Paa denne Maade har den altsaa erhvervet sig Uimodtagelighed mod Giften.

Men det gaar ikke altid saaledes. De ret hyppige og meget farlige kroniske Blyforgiftninger opstaar f. Eks. i Regelen der-

ved, at Mennesker, der til Stadighed arbejder med Bly eller opkolder sig i Nærheden af Fabriker, hvor Blyrør, Blyfarver o. l. tilvirkes, dels ved direkte Berøring gennem Huden, dels gennem Lungerne eller Fordøjelseskanalen (Drikkevandet kan f. Eks. være inficeret med Bly) fra Dag til Dag optager ganske smaa Mængder af dette giftige Metal, der forener sig med Cellernes Æggehvidestoffer til uopløselige Forbindelser og derved ophobes og ødelægger saa mange levende Cellebestanddele, at der opstaar de alvorligste Lidelser, som meget ofte ender med Døden. Ti Udskillelsen af Bly foregaar med yderste Langsomhed, og hvad der en Gang er ophobet, kan saa i aarevis holde sig i Legemet og udøve sine giftige Virkninger, fordi der her ikke er Tale om Dannelsen af nogen Modgift eller om nogen Slags erhvervet Uimodtagelighed.

Heldigvis kan Giftenes Virkning ogsaa ofte imødegaaes eller helt ophæves ved kunstige Indgreb. De Modgifte, der dannes i Organismen under en akut Infektionssygdom, kan f. Eks. i Form af et Serum ogsaa indføres udefra og paa denne Maade tjene som Forebyggelses- eller Helbredelsesmiddel for Sygdommen. I Difteriserum, der vindes af Heste eller Geder (se S. 257), findes der netop en Modgift mod Difteritoksinet, der ogsaa virker, naar den indføres i det menneskelige Legeme. Flere andre Modgifte kendes, som Organismen ikke selv danner. Indførelse af Mælk i Fordøjelseskanalen kan f. Eks. uskadeliggøre mange farlige Metalgifte, fordi den overfører dem i uopløselige Æggehvideforbindelser; Garvesyre (der kan findes i ret store Mængder i Planteføde) fælder paa lignende Maade de fleste Alkaloider. Og paa den anden Side søger man ogsaa undertiden at fremskynde Udskillelsen af en Gift ved at indføre et Stof, der bringer den i letopløselig Tilstand.

Men hvis Organismen ikke selv paa mange forskellige Maader var i Stand til at uskadeliggøre eller skille sig af med optagne Giftstoffer, vilde endnu langt flere levende Væsener, end Tilfældet er, bukke under for disse.

Teorier til Forklaring af Giftvirkninger. Hvor Giftstoffet indgaar en direkte iagttagelig kemisk Forbindelse med det levende Stof eller paa anden Maade fremkalder iøjnefaldende Forandringer i dettes Tilstand, vil man, som før nævnt, ofte deri have fornøden Forklaring paa dets Virkning. Men jævnligt — og selv hvor det

drejer sig om meget kraftige Gifte — kan saadanne kemiske Omsætninger ikke paavises. Dette gælder f. Eks. mange organiske Stoffer, der i kemisk Henseende er indifferente, ɔ: som hverken har Karakter af Baser, Syrer eller Salte og derfor i det hele taget er utilbøjelige til at reagere kemisk. Hertil hører f. Eks. Alkohol, Æter, Kloroform, Kloralhydrat, Sulfonal samt flere aromatiske Kulbrinter og Alkoholer. Og skønt de som oftest netop har meget stærke Giftvirkninger, er disse mærkværdigvis for det meste af en forbigaaende Art, hvis Stofferne ikke anvendes i saa stærke Koncentrationer, at de straks medfører Døden. De er ofte flygtige eller diffunderer let ud af Cellerne, og derfor kan Organismen sædvanligvis hurtigt skille sig af med dem igen. Deres Virkninger er af lammende og bedøvende Natur, narkotiske; men saadanne kan forøvrigt ogsaa fremkaldes af andre Stoffer, som af de udpræget basiske Alkaloider og af en Del uorganiske Forbindelser.

Efter Hans Meyer og E. Overton skal disse indifferente Narkotikas Virkning bero paa rent fysiske Tilstandsændringer i Cellerne, som forklares paa følgende Maade. Foruden i Vand er de paagældende Stoffer opløselige [1]) i de med Fedtstofferne beslægtede Lipoïder, der forekommer almindeligt i Protoplasmaets Hudlag og særlig i Nervevævenes Celler. Naar de da indføres i Organismen, vil de fordele sig mellem Lipoïderne og de vandige Væsker, der findes i Cellerne (eller i Blodet), og deres Virkninger vil da afhænge af, hvorledes denne Fordeling finder Sted. Forholdet mellem deres Opløselighed i Lipoïderne og i Vand: $\frac{\text{Lipoïder}}{\text{Vand}}$, kalder Overton deres Delingskoefficient. Denne har han bestemt for et stort Antal Stoffers Vedkommende, men dog i Regelen ikke direkte ved Anvendelsen af de vanskeligt fremstillelige og derfor endnu saa dyre Lipoïder, men derimod ved Hjælp af Olivenolje, som menes at have nogenlunde samme Opløsningsevne som Lipoïderne. Men de absolute Mængder af Narkotika, der opløses (i Lipoïder og Vand), vil være afhængig dels af de Koncentrationer, hvori de tilføres Cellen, idet de her følger den Henry'ske Lov for Luftarters Absorption, der stiger med Trykket ɔ: Koncentrationen, dels af den herskende Temperatur, idet de ved lavere Temperatur

[1]) Nogle, som Kloroform, er ganske vist kun i meget ringe Grad opløselige i Vand, men dog altid saa meget, at en saadan Opløsning kan fremkalde den fysiologiske Giftvirkning.

absorberes i større Mængde end ved højere. Efter disse ydre Faktorer kan selve Delingskoefficienten ogsaa variere noget, men sjældent dog ret meget.

Det har nu vist sig — efter talrige Forsøg af OVERTON — at de indifferente Narkotikas Virkning staar i nøje Forhold til deres Opløselighed i Lipoïderne og til den Mængde, som disse udgør af de levende Celler. Paa Grund af Nervecellernes Rigdom paa disse Stoffer bliver de særlig følsomme for Narkotika, men forøvrigt paavirkes alle Celler af disse, saavel Planters som Infusoriers, Fimreepitheliernes og Muskelvævets Celler paa samme Maade som Nervecellerne, i Forhold til deres Indhold af Lipoïder. Æter og Kloroform narkotiserer saaledes Mennesker, Pattedyr, Haletudser og Smaakrebs ved omtrent samme Koncentration i Blodplasmaet — omend med noget forskellig Hastighed paa Grund af Forskelligheder i Blodtemperatur, Kredsløbets og Aandedrættets Hastighed m. m. — medens Planteceller, Infusorier og Fimreceller i Reglen kræver den 6—10 dobbelte Koncentration til Fremkaldelsen af Narkose.

Selve Virkningen, Narkosen, skulde da fremkomme ved, at de indifferente Narkotika rent fysisk (molekulært) indlejres mellem Protoplasmaets Lipoïder, derved bringer Forstyrrelse i Cellernes Struktur og bl. a. forandrer deres osmotiske Egenskaber (se S. 201—204). Men den normale Struktur skulde kunne genoprettes, naar Bedøvelsesmidlerne fjernes ved Fordampning og Diffusion ud i et Medium, der indeholder dem i svagere Koncentration end den levende Celle.

De basisk reagerende organiske Gifte som f. Eks. Alkaloiderne, der ogsaa kan fremkalde Narkose, bevirker desuden dyberegaaende, vedvarende Forstyrrelser i Cellestrukturen. Ti de optages ikke alene fysisk af Lipoïderne, men de indgaar ogsaa ved Hjælp af deres basiske Radikaler Forbindelser med Protoplasmaets Æggehvidestoffer, der ikke saa let igen kan udskilles, og som altid vil have ført til Ødelæggelse af en Del af det levende Stof. Derfor er der ogsaa større Variationer i de Mængder af basiske Narkotika, der er nødvendige til at narkotisere saavel forskellige Planteceller som Nervecellerne hos forskellige Dyr.

Aromatiske Alkoholer som Fenol (Karbolsyre), Kresol, Thymol m. fl., der er bekendte for deres udprægede antiseptiske (bakteriedræbende) Egenskaber, optages ligesom de indifferente Narkotika og Alkaloïderne yderst let af Lipoïderne, men ogsaa de

indgaar samtidig Forbindelser med Cellens Æggehvidestoffer og fremkalder derved alvorlige, vedvarende Forstyrrelser. —

Den Betydning, et organisk Giftstofs kemiske Konstitution har for dets Virkning, er ikke altid let at udrede, og der hersker ogsaa herom en Del Uenighed. E. Overton, der har undersøgt saa overordentlig mange Stoffers Indvirkning paa Dyre- og Planteceller, hævder bl. a., at Indtræden af en eller flere Hydroksylgrupper (OH) i et Molekule i Stedet for et Brint- eller Halogenatom i meget betydelig Grad nedsætter den narkotiske Kraft; men erstattes Brintatomet i en Hydroksylgruppe med en Alkylgruppe (Methyl, Æthyl osv.), virker Forbindelserne igen som stærke Narkotika. Af isomere Alkoholer og Æterarter er de Forbindelser de stærkeste Narkotika, der har de mindst forgrenede Kulstofkæder, og indenfor samme Række ogsaa de, der har den længste Kulstofkæde (ɔ: hvis Molekuler fjerner sig mest fra Kugleformen) indtil en saadan Grænse, at deres Opløselighed i Vand og Lipoïderne bliver for ringe.

P. Ehrlich, der særlig har studeret Anilinfarvestoffers og deres Arsenforbindelsers giftige Virkninger overfor Mikrober (Trypanosomer), har paavist en stærk Forøgelse heraf ved Indførelsen af reducerende Radikaler i Molekulet, idet de paagældende Giftvirkninger synes hovedsageligt at bero paa Reduktionsprocesser. —

Særlige Vanskeligheder frembyder Forklaringen paa de Giftvirkninger, ved hvilke man hverken kender den kemiske Sammensætning af Giftstofferne eller de Stoffer, paa hvilke de virker i Organismen. Men ved et overordentlig indgaaende Studium og geniale Forskeres Kombinationsevne er det dog lykkedes at opstille Hypoteser, der ikke alene giver en meget smuk og plausibel Udredning af disse Tilfælde, men ogsaa har ført til en Række, tildels forud beregnede, forbavsende Opdagelser, der har faaet den største praktiske Betydning for Terapien (Helbredelseslæren).

Det drejer sig her om de Giftstoffer, Toksiner, som produceres af sygdomsvækkende Bakterier, af Giftslanger, Edderkopper og enkelte andre Dyr, eller som kan udvindes af visse Plantefrø, som de S. 250 nævnte Gifte, Abrin, Ricin og Crotin. Alle disse Gifte hører til de kraftigste, man overhovedet kender (se S. 253), men de indtager i flere Henseender en Særstilling mellem Giftene, idet de har følgende Karakterer fælles:

1) De er aldrig fremstillede i ren Tilstand, og man kender derfor ikke deres kemiske Sammensætning.

2) De er udpræget specifike i deres Virkninger, saaledes at endog nærbeslægtede Dyr kan vise meget forskellig medfødt Modtagelighed overfor dem og nogle være ganske uimodtagelige for dem.

3) De virker som saakaldte Antigener, d. v. s. de fremkalder i Organismen Dannelsen af Antitoksiner, Modgifte, der helt eller delvis ophæver, ved en Slags Neutralisation, deres giftige Egenskaber (Antitoksiner blev første Gang paaviste af Behring og Kitasato i 1890 ved Immuniseringsforsøg mod Stivkrampe). Og disse Antitoksiner er lige saa specifike som de selv, eller hvert af dem kun i Stand til at reagere paa det Toksin, som har fremkaldt dets Dannelse[1]). Men da Antitoksinerne ofte dannes i endnu større Mængder end dem, der er nødvendige til at ophæve en indført Toksinmængdes Virkninger, og de saaledes i kortere eller længere Tid holder sig i fri Tilstand i Blodet af de paagældende Dyr, kan disse ikke blot erhverve sig Uimodtagelighed (Immunitet) mod senere Indførsel af det tilsvarende Toksin, men deres Blodserum kan endogsaa (ved Indsprøjtning) tjene til at beskytte andre Dyr imod eller helbrede dem for Indvirkning af dette (passiv Immunisering). Disse Forhold er vel kendte fra alle de af Bakterier o. l. Mikrober fremkaldte smitsomme Sygdomme (Børnesygdomme o. a.), som man i Regelen kun faar én Gang, og fra den udstrakte Anvendelse, der nu gøres af Serum til Helbredelse for Difteri, da dette netop indeholder Difterigiftens Antitoksin. Ved Indsprøjtning af Slangegifte og de nævnte Plantegifte gør ganske de samme Forhold sig gældende[2]).

4) Mærkeligt er det, at der hengaar en kortere eller længere Tid (Inkubationstiden) mellem Giftens Indførelse i Legemet og dens Virkninger paa dette, noget, der jo ogsaa er velkendt fra Infektionssygdommene, hvor der undertiden endog kan hengaa flere Uger mellem Smittens Overførelse og Sygdommens Udbrud.

5) Toksinerne er endelig lidet holdbare, saaledes at de ved Opbevaring let modificeres eller helt mister deres giftige Egenskaber (Toksoider, Toksoner). Særlig følsomme er de i Regelen

---

[1]) Mærkeligt nok kender man ikke Dannelsen af saadanne Antistoffer, Modgifte, mod Giftstoffer af kendt kemisk Sammensætning, selv hvor Organismen, som overfor Toksinerne, kan vænne sig til at taale større og større Doser af disse Gifte.

[2]) Foruden Antitoksinerne kan der ogsaa dannes andre specifike Antistoffer, som de saakaldte Agglutininer, Opsoniner m. fl.

overfor Varme, Lys, fri Ilt, Syrer m. m., og ved Indførelse i Fordøjelseskanalen ødelægges de derfor som oftest hurtigt af Mavesaften eller de Enzymer, der udskilles i Tarmen.

Ofte har det samme Toksin flere Virkninger paa den Organisme, der er modtagelig for det, eller det dannede Toksin viser sig at være en Blanding af flere forskellige Giftstoffer. Almindelig er saaledes samtidige Virkninger paa Nervesystemet og paa Blodets Bestanddele, og hvis disse sidste f. Eks. bestaar i en Opløsning af de røde Blodlegemer (Hæmolyse ved Hæmolysiner), kan man udføre Forsøg saavel med Toksiner som med deres Antitoksiner udenfor Organismen, i Reagensglasset. Herved er der netop vunden mange vigtige Oplysninger om disse Stoffer, bl. a. af vor Landsmand THORVALD MADSEN, tildels i Forbindelse med Svenskeren SVANTE ARRHENIUS, og af Tyskeren PAUL EHRLICH m. fl.

Om Toksinernes Virkemaade og deres Forhold til Antitoksinerne hersker der vel nogen Uenighed i Enkelthederne, men de fleste Forskere har dog i Hovedsagen sluttet sig til følgende geniale Hypotese, der er fremsat af EHRLIGH og underbygget af et overordentlig righoldigt Materiale af Kendsgerninger (bl. a. de foran nævnte), som for en væsentlig Del er skaffet tilveje af ham selv og hans talrige Elever (MADSEN, MORGENROTH, WASSERMANN, SACHS m. fl.). Denne Hypotese sædvanlig under Navnet

EHRLICHS Sidekædeteori[1]). Denne, der ikke alene skal tjene til at anskueliggøre Toksinvirkninger, men ogsaa en Mængde andre yderst vigtige fysiologiske Processer (Næringsoptagelse, Assimilation m. m.), gaar omtrent ud paa følgende: Den levende Celleslim, Protoplasmaet, bestaar af en Centralgruppe (»Leistungskern«), til hvilken der, i Lighed med Benzolringen[2]), er knyttet talrige Sidekæder med frie Angrebspunkter, der er afpassede til særlige kemiske Grupper, paa samme Maade som en Nøgle passer til en Laas. Centralkærnen er at betragte som det vitale Centrum

---

[1]) Den blev først fremsat i 1897, men er senere bleven betydelig udvidet, omformet og underbygget ved talrige Arbejder fra EHRLICHS og hans Elevers Haand.

[2]) Benzol er en aromatisk Kulbrinte, $C_6 H_6$, hvis 6 Kulstofatomer tænkes bundne i en Ring, Benzolkærnen, der kun meget vanskeligt lader sig opløse, medens hvert enkelt Kulstofatom vel kan knytte Forbindelse med andre Radikaler end Brint.

og er som saadant Forudsætningen for et normalt Forløb af Cellelivet. Og Sidekæderne fungerer som Protoplasmaets Organer, bl. a. ved at optage saadanne Næringsstoffer, der svarer til deres kemiske og fysiske Bygning, idet bestemte, haptofore, Atomgrupper fra begge Sider griber ind i hinanden. Paa lignende Maade som Næringsstofferne bindes nu ogsaa Toksinerne til saadanne haptofore Grupper i Sidekæderne, der ellers har til Opgave at reagere paa andre for Cellen vigtige Stoffer, med hvilke Toksinernes hapto-

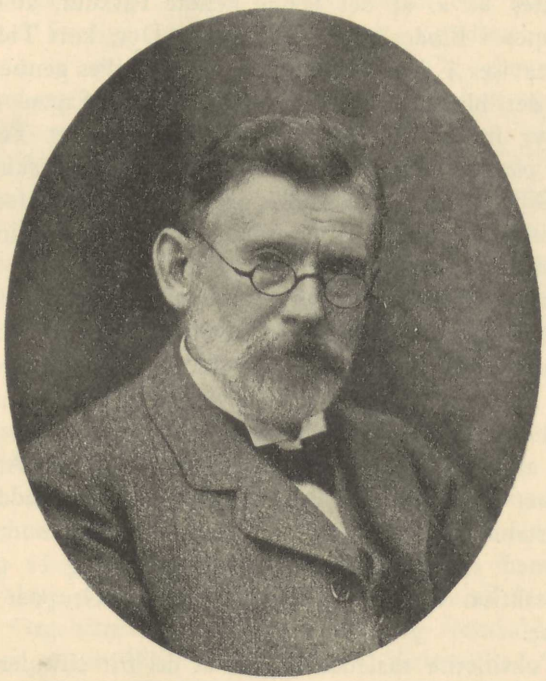


Fig. 92. PAUL EHRLICH, f. 1857, berømt tysk Læge, Direktør for den preussiske Stats Institut for Serumforskning i Frankfurt a. M. Har foruden ved at fremsætte sin Sidekædeteori gjort sig fortjent som næppe nogen anden Bakteriolog i vore Dage af den hele Immunitetsforskning. Ved Anvendelsen af nye Farvningsmetoder har han udført banebrydende Studier over de hvide Blodlegemer og Nervevævets Bygning. I de senere Aar har han med stort Held studeret Kræft og de af Trypanosomer fremkaldte Sygdomme (se senere under »Snylteliv«). Han er tillige en fortræffelig Kemiker og har kunstigt fremstillet en Række Lægemidler, der synes at indlede en helt ny Æra i Medicinen (Kemoterapien). Fik i 1908 sammen med METCHNIKOFF Nobel-Prisen for Medicin.

fore Gruppe tilfældigvis korresponderer. Da Sidekæderne saaledes tjener som Optagelsesorganer, har EHRLICH ogsaa kaldet dem Receptorer. Og han hævder nu, at den første Betingelse for, at en Toksinvirkning kan komme i Stand, er, at der i den paagældende Organisme findes Receptorer med haptofore Grupper, der nøje svarer til Toksinmolekulets. Dette skal tilhæftes, forankres, til Receptorerne, før det kan komme til at udøve sine Giftvirkninger ved særlige, toksofore, Atomgrupper, som igen har en specifik Affinitet til giftfølsomme Vævsbestanddele. Denne Opfattelse støttes bl. a. af det længe kendte Faktum, at et Toksin, der indsprøjtes i Blodet af et modtageligt Dyr, kort Tid efter slet ikke kan paavises i dette, skønt det ikke udskilles gennem Urinen. Men naar det bindes af Receptorerne, bliver Sagen forstaaelig. Hvis et Dyr fra Fødselen er uimodtageligt for et Toksin, kan dette bero paa, at det mangler de Receptorer, der skulde optage og binde Giften, eller at de Celler og Væv, hvori de forekommer, er af saa ringe Værdi for Organismen, at Toksinvirkningen ogsaa bliver betydningsløs.

Imidlertid findes der i Dyr, som er modtagelige for et eller andet Toksin, ikke altid tilstrækkeligt af Receptorer til at binde en vis Mængde af dette. Men da Receptorerne af flere Grunde maa anses for at være identiske med Antistoffer (her Antitoksiner), medfører Indførelsen af Toksinet, der virker som Antigen (se S. 265), Dannelsen af nye Receptorer, og det ofte i saa stort Antal, at der bliver dannet mere Antitoksin end Toksin. Overskuddet frigøres af Vævsbestanddelene og kan derefter cirkulere rundt i Blodet, hvor det med sine haptofore Grupper bestandig er parat til at træde i Reaktion med tilsvarende haptofore Grupper i Toksinmolekulerne.

Naar Toksinerne saaledes bindes af de frit cirkulerende Antitoksiner, før de kan hæfte sig til de Celler, som maatte være særlig følsomme for deres giftige Egenskaber, bliver derved deres toksofore Grupper enten hindrede i at træde i Funktion, eller de kommer til at virke paa Bestanddele, som er af underordnet Betydning for Organismen. Derfor bliver den rent topografiske Fordeling af Receptorerne (Antitoksinerne) saa afgørende for Udfaldet af Toksinvirkningerne.

Den Tid, der medgaar til Dannelsen af det fornødne Antal Receptorer, bliver da netop Inkubationstiden, og naar der efter en forbigaaende Virkning af et Toksin bestandig cirkulerer

frie Receptorer (Antitoksin) i Blodet, har det paagældende Dyr erhvervet sig Uimodtagelighed (aktiv Immunitet) derimod, og Indsprøjtning af dets Serum i et andet Dyrs Blod vil ogsaa kunne gøre dette forbigaaende uimodtageligt (passiv Immunitet). Dyr, der er medfødt immune paa Grund af manglende særlige Receptorer, har derimod ingen antitoksiske Stoffer i deres Blodserum, og dette kan derfor heller ikke tjene til passiv Immunisering af andre Dyr.

Hvor kunstig denne EHRLICH'ske Teori end maatte kunne synes, kan den dog bringes i Overensstemmelse med det store Materiale af foreliggende Kendsgerninger, og dette er jo netop alt, hvad man forlanger af en Hypotese. Og glemmes maa da ikke den uhyre praktiske Betydning, den har haft og stadig har, for den nu saa omfattende Immunitetsforskning, selv om den senere skulde vise sig ikke at være helt rigtig. Vi skal derfor heller ikke indlade os paa en Drøftelse af Berettigelsen af andre Hypoteser, der enten vil forklare Reaktionen mellem Toksin og Antitoksin ud fra rent kemiske Massevirkninger, eller som antager en kun fysisk Binding i Kraft af de paagældende Stoffers Kolloidnatur. Ti i Virkeligheden rokker disse ikke ved det væsentligste i Sidekædeteorien.

Hvor stor en Fare de talrige Giftstoffer saaledes end frembyder for de levende Væsener, maa det dog ikke overses, at de uden Tvivl ofte indirekte bliver nyttige for dem derigennem, at Organismen styrkes under Kampen mod en Gift. Vi har tidligere (S. 164) gjort opmærksom paa, hvorledes en i og for sig skadelig Faktor, som f. Eks. Lyset, kan komme til at virke gavnligt ved i Organismen at udløse Kræfter og fremkalde Modreaktioner, der ellers ikke vilde træde i Virksomhed, men som betegner en Forøgelse af den samlede, aktive Livsenergi. Ti netop denne Kamp kan styrke og hærde Organismerne og gøre dem mere velskikkede til at modstaa de forskellige Farer, der truer dem under Livsløbet. Det er jo saaledes et kendt Faktum. at Helbredelsen for en akut Infektionssygdom kan medføre ligesom en Fornyelse og Forøgelse af Livsenergien. Og derfor maa Begrebet Skadelighed selv for Giftvirkningers Vedkommende ofte opfattes med større Forbehold end vanligt er. Det vilde maaske end ikke være for dristigt at paastaa, at ogsaa Tilstedeværelsen af Gifte og deres Optagelse i Organismen

i passende Mængder og til forskellige Tider hører med til Organismernes almindelige Livskrav. Meget taler i hvert Fald herfor.

6. Det indbyrdes Forhold mellem Organismerne.

Videnskaber som Geologien og Palæontologien har lært os, at Jordens Befolkning med levende Væsener til forskellige Tider har været meget forskellig med Hensyn til Antallet baade af Individer og af Arter. Og dette har haft sine Aarsager ikke alene i de forskellige Kaar, hvorunder Livet har udfoldet sig, men ogsaa deri, at der bestandig er opstaaet nye Organismeformer, og at disse igen enten er blevne en Betingelse for eller har medført Udslettelsen af andre.

Der har aldrig været Stilstand eller absolut Ligevægt og Harmoni indenfor Jordens Organismeverden, og en saadan vil heller aldrig komme. Ti noget af det, der karakteriserer Livet, er jo netop, som udviklet Side 19 ff., den bestandige Vekslen, Sammenspillet mellem de levende Væsener indbyrdes og med den livløse Natur, Udviklingen, Rhytmen mellem Liv og Død, o. s. v. Derfor maa der til Forstaaelsen af den enkelte Organismes Liv altid spørges om, sammen med hvilke andre Væsener den forekommer, idet ingen som helst Art — selv blandt de mest udpræget autotrofe Planter — vil kunne bestaa i Længden uden Hjælp fra andre. Tænkte vi os f. Eks. Jorden befolket alene med een saadan Planteart, der kan tilberede al sin Næring af uorganisk Materiale, saa vilde denne dog en skønne Dag dø ud af Sult, naar den havde forbrugt og ophobet i organisk Form alt disponibelt Kulstof og Kvælstof, og der ikke fandtes Bakterier eller lignende Væsener, som ved Gæringsprocesser igen kunde nedbryde disse Stoffer til uorganiske Næringsmidler (se S. 84—99).

Ingen kender endnu — og vi vil heller næppe nogensinde faa fuld Besked om — alle de Stadier, Organismeverdenen har gennemløbet siden det Øjeblik, de første levende Væsener viste sig paa Jorden. Det vil derfor heller aldrig blive muligt at give en udtømmende Fremstilling af Livets Verdenshistorie, men kun i de allergroveste Træk kan vi tænke paa rent skematisk at skitsere denne. Og ligesom vi ofte i det enkelte Individs Udvikling un-

der Fostertilstanden mener at kunne skimte et flygtigt, kaleidoskopisk Billede af den paagældende Stammes Udvikling gennem uhyre lange Tidsrum (se S. 81), saaledes kan man muligvis ogsaa i en enkelt Lokalitets sukcessive Befolkning med et forholdsvis ringe Antal Arter og Individer gennem et overskueligt Tidsrum have Lov til at se en kort Rekapitulation af Livets Udfoldelse og Arternes Vekslen paa et større Omraade gennem længere Tidsrum.

Den Tilstand, hvori Jordens Overflade befandt sig, efter at den oprindeligt flydende og glødende Masse var størknet og saavidt afkølet, at der kunde blive Tale om levende Væseners Eksistens paa den, kan vi paa mere begrænsede Omraader genfinde, hvor der ved Vulkaners Udbrud dannes »ny Jord« af smeltede Lavamasser, af glødende Pimpsten, Aske o. l. Og hvis dette finder Sted under Himmelstrøg og i Højder over Havets Overflade, der ellers byder gunstige Livskaar for Organismer, vil vi hurtigt blive Vidne til, hvorledes disse tager denne nye Jord i Besiddelse under gensidig Assistance og uforsonlige indbyrdes Kampe. Her vil det i grove Træk kunne gaa omtrent paa følgende Maade.

Hvor en glødende Lavastrøm er trængt frem, vil den have dræbt alt levende, og i selve Lavaen vil der intet findes af brændbart Kulstof eller af Kvælstof. Men kommer der Ro i den Vulkan, hvorfra Udbruddet stammer, vil levende Væsener hurtigt indfinde sig og forsøge at generobre det tabte. Nogle af de første, der finder taalelige Livsbetingelser her, vil være enkelte Bakterieformer samt grønne og blaagrønne Alger, der let indfinder sig med Vindene, og som af selve Lavamassen og af tilførte Støvpartikler kan uddrage netop de minimale Mængder af opløselige mineralske Næringsstoffer, som de har Brug for. Ved deres Evne til at Luftens Kulsyre og af Vand at danne organisk Stof og til at overføre Atmosfærens frie Kvælstof i organiske Forbindelser vil de skaffe Betingelser til Veje for andre Organismers Eksistens.

Svampesporer, der ogsaa bestandig føres omkring med Vindene, vil slaa sig ned som en Slags Snyltere paa de smaa Algeceller, men disse to forskelligartede Organismer vil dog snart finde, at de just ikke behøver at bekrige hinanden, men at det vil være langt nyttigere for hver især, om de slaar sig sammen til gensidig Hjælp. De indgaar da et saa inderligt Kompagniskab, at de endog danner et Dobbeltvæsen, en Lavart (Lichen), som

endnu bedre end Algen og Svampen hver for sig er i Stand til at udnytte de fattige Livskaar, den nøgne Lavamasse byder dem. Svampen omspænder Algen (se Fig. 93) og beskytter den mod Solens og Vindens alt for stærkt udtørrende Paavirkning, og den kan desuden ved at sende rodlignende Hyfetraade ned i Lavamassen opløse og hente saadanne mineralske Næringsstoffer, som Algen vanskeligt paa egen Haand kunde tilegne sig i fornøden Mængde. Ved Hjælp af disse Sugetraade kan den ogsaa hente Vand op fra de fine Sprækker og Fordybninger, der findes eller danner sig i Lavaen, og med disse Herligheder kan den nu forsyne Algen rigeligt. Samtidig sørger denne for den organiske Næring, som Svampen ikke kan undvære, men heller ikke forskaffe sig selv ved som Algen at tilberede den af Luftens Kulsyre og af Vand. Og ved dette Samarbejde opnaar saa begge Parter, hvad de har Brug for af Næringsstoffer.

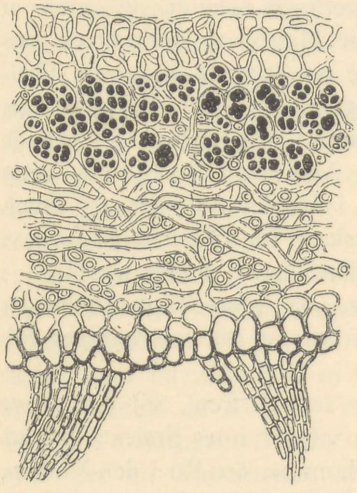


Fig. 93. Lavart *(Sticta fuliginosa)* i Tværsnit. I Svampevævet ligger de mørkt tegnede, smaa Grønalger indesluttede. Nogle af disse er i Færd med at dele sig. De rodlignende Organer forneden er dannede af Svampen.

Naar Lavamasserne ikke netop indeholder giftige Stoffer, vil man derfor i Reglen efter ganske kort Tids Forløb kunne se dem overvoksede med et Lag af Alger og Lavarter, der, efterhaanden som de dør bort, efterlader deres organiske Stoffer som Muld, indblandet i Overfladens uorganiske Bestanddele. Og udsat for vekslende Temperaturer (stærkt ophedet af Solen om Dagen og afkølet ved Udstraaling om Natten), for Regnvandets (maaske Isens), Iltens og Kulsyrens Indvirkning vil Lavaen lidt efter lidt smuldre hen, forvitre (se S. 235), og denne Proces vil yderligere fremskyndes under Lavarternes og Bakteriernes Livsvirksomhed, idet disse Væsener er i Stand til at danne Syrer, som delvis opløser Stenmasserne.

I det første ganske tynde Muldlag vil andre Planter som Mosser og Bregneforkim finde gode Livskaar. Ogsaa de søger at

trænge i Dybden ved rodlignende Haar, og de bidrager yderligere til Forøgelse af Muldlaget, saa snart efter de egentlige Bregneplanter og de endnu højere Planters Frø, der spredes med Vindene eller med Dyr, kan fæstne sig og spire og maaske udvikle sig saa vidt, at de finder et blivende Sted paa denne Jordbund, der i sig selv sædvanligvis er rig paa Plantenæringsstoffer. Forvitringen og Mulddannelsen vil da skride hurtigere og hurtigere frem og gaa mere og mere i Dybden, saa der tilsidst fremkommer en ganske fortrinlig Plantebund. Faar denne Lov til at ligge urørt af Mennesker, vil den ende med at blive bevokset med Skov — forudsat at de klimatiske Forhold tillader Trævækst. Men tager Mennesket den i sin Besiddelse, vil den i Stedet ogsaa kunne afgive frodige Marker til Land- eller Havebrug.

Overladt til sig selv vil den nye Jord blive bestandig rigere paa Organismer — indtil et vist Stadium af dens Udvikling ogsaa paa Arter —, der hver for sig kæmper om Pladsen, indtil maaske nogle faa ved et stort Individantal vinder Overtaget og fortrænger de andre. Hver ny indvandret Planteart betyder nye Livsbetingelser for andre Planter og Dyr. Men de oprindelige Kolonisatorer vil i Reglen for Størstedelen forsvinde efter nogen Tids Forløb. Er Klippemassen f. Eks først bleven saa overvokset med urteagtige Planter, at Sollyset ikke længere kan naa gennem deres Bladdække ned til Jordoverfladen, vil Alger og Lavarter forsvinde herfra, og det bliver solelskende, urteagtige Bregner og Blomsterplanter, som afløser dem. Og naar disse igen overvokses af skyggegivende Buske og Træer, bliver der i Bunden Plads for saadanne Urter, der taaler Skygge, og for Epifyter, der foretrækker de blivende Træstammer og Grene som Opholdssted.

Og hver Gang Floraen veksler, vil ogsaa Dyreverdenen gøre dette. Allerede Algerne og Lavarterne skabte Livsbetingelser for forskellige Dyr. Bregnerne og de urteagtige Blomsterplanter lokkede andre og flere til. Og efterhaanden som de almindelige Livskaar forbedres, vil der opstaa Kampe ikke alene mellem de forskellige Plantearter, men ogsaa mellem Dyrene, der vil konkurrere om Pladsen og den Næring, Plantelivet byder dem.

Der dannes til forskellige Tider forskellige Plante- og Dyresamfund, som kan trives og forliges indbyrdes under stadige Kampe med andre Samfund. Snyltere, Planteædere, Rovdyr o. l. lurer altid som Fjender paa at fortrænge og tilintetgøre dem, der

paa ethvert givet Tidspunkt er de herskende, uden Hensyn til, at de hermed mister deres egen Eksistensbetingelse.

Fra den nyeste Tid foreligger der netop et overordentlig interessant Eksempel paa, hvor hurtigt et Omraade, der ved vulkanske Kræfter var bleven fuldstændig steriliseret (ɔ: berøvet ethvert Spor af Liv), igen kan befolkes med Organismer af forskellige Arter.

Den 26.—28. August 1883 fandt et af de heftigste vulkanske Udbrud, Historien overhovedet kender, Sted paa den lille Ø Krakatau, der ligger i Sundastrædet midt imellem Java og Sumatra. Umaadelige Masser af glødende Pimpsten og Aske slyngedes op i Luften — Asken endog til en Højde af c. 50 Kilometer — og spredtes i flere Miles Omkreds i indtil 60 Meter tykke Lag. Ved den Hovedeksplosion, der fandt Sted den 27. August med et saa frygteligt Knald, at det hørtes i en Afstand af 600 danske Mile fra Vulkanen, forsvandt to Tredjedele af Øen i Havet, der kom til at maale Dybder paa c. 300 Meter, hvor Halvdelen af Øens højeste Top, Rakáta, der ragede 820 Meter i Vejret, sank ned. Under denne Indstyrtning af vældige Vandmasser i et glødende Krater opstod en 40 Meter høj Bølge, der skyllede ind over Kysterne af de omliggende Øer (bl. a. Java og Sumatra) og bortrev en Mængde Byer, saa ialt omtrent 40,000 Mennesker omkom ved Vulkanens Udbrud, og alt Liv udsluktes af Ilden paa selve Krakatau og nogle mindre, nærliggende Øer.

Siden har Vulkanen været i fuldkommen Ro. Den er vel stadig ubeboet af Mennesker, men af og til modtager den dog Besøg af saadanne. Bl. a. har den 3 Gange været undersøgt af Botanikere fra den paa Java beliggende botaniske Have i Buitenzorg, hvis Direktør, Melchior Treub, var den første, der, knapt 3 Aar efter Udbruddet, den 19. og den 24. Juni 1886, foretog en botanisk Undersøgelse af Øen. Paa dens sydlige, af Havet jævnlig overskyllede, Kyst fandt han da Kimplanter af 9 Arter Blomsterplanter samt Frø eller Frugter af andre 7 Arter, der alle kunde være tilførte med Havstrømme. I det Indre og paa den nordlige, højt beliggende Del af Øen, hvortil Plantekim alene ved Vindens eller Fugles Hjælp havde kunnet naa hen, fandt han endvidere 6 andre Arter af Blomsterplanter (4 Kurvblomstrede og 2 Græsser), der dog kun forekom i enkelte, spredte Eksemplarer, men derimod en stor Mængde Individer, ofte dannende hele Bevoksninger, af 11 forskellige Bregnearter, hvis lette Sporer Vindene

ogsaa kunde have medbragt. Hvorledes disse havde spiret og udviklet sig, vilde dog have været ganske uforklarligt, naar han ikke samtidig havde kunnet konstatere Forekomsten af et over Pimpstenen og Asken sammenhængende Lag af blaagrønne Alger[1]), der ved deres Slimkapsler og store Hygroskopicitet havde skaffet den for Bregnesporernes Spiring nødvendige Fugtighed til Veje, og som ogsaa paa anden Maade havde forberedt Jordbunden for disses Trivsel.

Under de to senere, større Ekspeditioner til Øen i 1897 og 1906 (beskrevne af henholdsvis O. Penzig og A. Ernst) har man imidlertid konstateret, at der sammen med de blaagrønne Alger fandtes en rig Flora af Bakterier, bl. a. ogsaa af saadanne, der er i Stand til at binde Luftens frie Kvælstof; og disse maa derfor antages at have haft den største Betydning for Tilvejebringelsen af den til de højere Planters Trivsel nødvendige Mængde Kvælstofnæring, af hvilken der i den glødende Pimpsten og Aske oprindelig ikke fandtes Spor.

I Aarene 1897 og 1906 var Plantebestanden paa Øen iøvrigt bleven i høj Grad forøget. Ved Kysterne havde der allerede begyndt at danne sig skovagtige Bevoksninger af Kokos- og Skruepalmer, af *Casuarina-* og *Barringtonia*-Arter og af flere andre tropiske Strandplanter. I det Indre, op ad Bjærgets Sider, havde efterhaanden Græsser og en hel Række andre Blomsterplanter fortrængt de oprindeligt fremherskende Bregner og dannet sammenhængende Tæpper over Jorden, der i 1906 ogsaa paa flere Steder var bedækket med et vanskeligt gennemtrængeligt Krat af tornede Buske. Og medens det samlede Antal Arter af Blomsterplanter i 1886 kun havde været 15, var det i 1897 allerede steget til 56 og i 1906 til 92. Af disse sidste var ikke mindre end 16 Bælgplanter, der var rigeligt forsynede med Rodknolde og de i dem levende kvælstofbindende Bakterier. Desuden fandtes der (i 1906) 15 Bregnearter og 17 forskellige Arter af blaagrønne Alger og Bakterier, og blandt de sidste var der saavel almindelige Forraadnelsesbakterier i store Mængder som en frit levende, aërob, kvælstofbindende Bakterie, der forøvrigt herfra blev beskrevet (af de Kruyff) for første Gang under Navnet *Bacterium Krakataui*.

Samtidig havde ogsaa en hel Del Dyr indfundet sig. F. Eks.

---

[1]) Der har sikkert ogsaa været en rig Flora af Bakterier, som denne Gang ikke blev undersøgt.

traf man (i 1906) foruden Fugle af forskellige Arter en 1 Meter lang Leguan (*Calotis*), flere Arter af højst generende, store og smaa, røde og sorte Myrer, af Hvepse, stikkende Myg m. fl.[1]).

Og alt dette Levende havde enten maattet trodse en farefuld Luftsejlads henover et i det mindste 5—6 danske Mile (37—40 Kilometer, Afstanden fra Sumatra og Java) bredt Hav eller være kommen endnu længere borte fra med Havstrømmene. — Langt hurtigere og lettere sker Indvandringen paa »ny Jord« selvfølgelig, hvor den foregaar over Land fra rigt befolkede Omgivelser, naar den nye Jord ellers frembyder gunstige Livskaar for Nybyggerne. —

Saaledes bliver da en oprindelig livløs Jordbund efterhaanden Skuepladsen for en stor Række vekslende Optrin af baade glædelig og sørgelig Art indenfor de Samfund af Dyr og Planter, der befolker den. Og hvilke Organismer, der i hvert givet Øjeblik findes paa en bestemt Lokalitet, vil ikke alene være afhængig af, hvilke andre Organismer der har levet eller nu lever paa Stedet. Snyltedyrs og -planters Trivsel afhænger jo ganske af Værterne, og kun de Dyr kan holde sig, der finder passende Skjul og Bytte enten mellem Planterne eller i andre Dyr. Mange Blomsterplanters fortsatte Eksistens og Forplantningsevne er afhængig af Besøget af visse Insekter, og disse er paa den anden Side lige saa afhængige af de Planter, der leverer dem deres Føde.

Men bestandig veksler Sceneriet. Hvert Dyr og hver Plante lever kun en vis Tid og afløses af deres Afkom eller af helt nye Former, som indvandrer. Broget og mangfoldigt rører Livet sig selv paa den mindste Plet, der for en flygtig Betragtning kunde synes Stedet for tavse Væseners fredelige Vegeteren. Virkelig Fred og Harmoni er der intet Sted i den levende Natur. Og de fleste Organismers Eksistens opretholdes kun under en Kamp med eller paa Bekostning af andre. Men ses dette brogede Liv og Vekselspil ikke altid lige let ved en umiddelbar Iagttagelse, vil en nærmere Undersøgelse altid afsløre det. Ved Hjælp af et Mikroskop vil man desuden kunne opdage, at det ogsaa rører sig i den for vort blotte Øje usynlige levende Verden af Bakterier, Alger, Svampe, Amøber, Infusionsdyr, Mosdyr, Hjuldyr o. a., der lever i samme Kamp og under lignende Samvirken indbyrdes og med

[1]) Desværre er der ikke samtidig bleven foretaget en nærmere Undersøgelse af Øens Dyreliv, som vilde have haft den største Interesse.

de højere Væsener som disse i Forhold til hverandre. Ogsaa blandt Mikroberne har de større Dyr og Planter saavel deres dødelige Fjender som saadanne Hjælpere, der til syvende og sidst i Virkeligheden er en Betingelse for deres egen Eksistens.

At give en udtømmende Fremstilling af de mangfoldige Sider, Sammenspillet mellem de levende Væsener frembyder, vilde være ganske utænkeligt, og at samle blot i en skematisk Oversigt de mere fremtrædende Enkeltheder, omtrent lige saa umuligt. Bindstærke Værker er da ogsaa skrevne om dette Dyrenes og Planternes brogede Liv, der hører til de mest fængslende Afsnit af Biologien, men her kan der kun blive Tale om at fremdrage enkelte almindelige Træk, der kan aabne et lille Indblik i den gensidige og uegennyttige Hjælp, der ydes, og i de Kampe, der føres i den levende Natur uden om os, og som paa saa mange Maader afspejler Forhold, vi til daglig har for Øje indenfor Menneskesamfundene.

Gensidig Hjælp.

Sammenslutning mellem flere Individer indenfor samme Art. Det viser sig saa ofte, at en saadan yder det enkelte Individ uvurderlige Fordele. Dette kan undertiden ganske simpelt forklares ud fra Massevirkningsloven, der f. Eks. faar Betydning saavel ved samlede Angreb som ved fælles Forsvar, ganske som under Menneskenes Krigsførelse. Et Eksempel hentet fra nogle af de mindste Væseners, Bakteriernes, Liv vil her være yderst oplysende.

Den enkelte Bakteriecelle er et selvstændigt Individ, der under gunstige Livskaar kan udvikle og formere sig uafhængigt af andre Celler. Men under mindre gunstige Kaar bukker den ofte under i Kampen for Tilværelsen, naar den er alene eller kun i Følge med nogle faa ligestillede. Talrige Eksempler herpaa kendes fra Patologien, Sygdomslæren, i de sygdomsvækkende Bakteriers Forhold til de højere Organismer, i hvilke de snylter.

En Betingelse for Tuberkelbakteriernes fortsatte Eksistens i Naturen er det saaledes, at de bestandig overføres til saadanne varmblodige Dyr, i hvilke de kan trives. Men trænger samtidig kun nogle ganske faa Tuberkelbakterier ind i et ellers sundt Dyrs eller Menneskes Legeme, vil dette som oftest have Modstandskraft nok til at hindre deres videre Udvikling og Formering, idet Lege-

mets Celler straks tager en Kamp op imod dem. Er f. Eks. en lille Flok Bakterier med Luftstøvet trængte ind i Lungerne — saaledes som det antagelig jævnlig sker hos de allerfleste Mennesker — kan de her blive tagne til Fange og indkapslede i et lille begrænset Rum, hvorfra de i Almindelighed ikke formaar at brede sig, og hvor de da efterhaanden dør af Sult. Men sker der en pludselig Invasion af en stor Mængde Bakterier, vil disse ofte faa Overtaget over de Celler, med hvilke de først kommer til at kæmpe. Ved udskilte Giftstoffer lammer de Cellerne og gør sig dem derefter til Bytte. Herunder formerer de sig, udskiller mere Giftstof, lammer og dræber flere og flere Celler og ødelægger maaske hele Lungevævet eller breder sig rundt omkring i Organismen, hvis Død de da forvolder. Skønt Konkurrenter til Næring og Plads yder de enkelte Bakterier altsaa paa denne Maade hverandre en uundværlig gensidig Hjælp og gør det muligt at tage Kampen op med en overfor den enkelte eller nogle faa Bakterier overlegen Modstander.

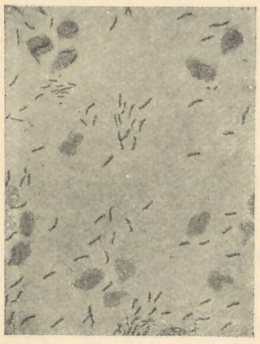


Fig. 94. Tuberkelbakterier i Opspyt fra en Tuberkelpatient. Bakterierne er de smaa mørke Stave, der ligger mellem ophostede Vævselementer. 400 Gg. forstørret.

Blandt højere Planter kan vi ogsaa træffe mange Eksempler paa, at Sammenslutningen af flere Individer kan blive en Betingelse for det enkeltes fortsatte Eksistens. Enkeltstaaende Bøge- eller Grantræer paa en aaben Mark hører i visse Egne af Danmark til Sjældenhederne, og forekommer de der endelig en Gang imellem, vil de kun føre en kummerlig Tilværelse. Derimod kan man faa en smuk Bestand, naar man samtidig tilsaar eller tilplanter en aaben Mark med et stort Antal af disse Træer. Og jo tættere de fra Begyndelsen staar, des bedre vil de enkelte trives. Men ganske vist opstaar der i en saadan Bevoksning snart en Kamp mellem de enkelte Individer om Næring, Plads og Lys, hvorunder de svageste og langsomst voksende bukker under for de stærkere. Og for at hjælpe disse sidste til at naa den bedst mulige Udvikling, foretager Mennesket — hvor det drejer sig om Forstkultur — saa desuden passende Udhugninger. Under disse maa man dog altid sørge for, at der ikke kommer større aabne Pletter i Bestanden, end at Kronerne hurtigt kan lukke sig igen og danne et tæt Løv-

tag over Bunden. De Træer, der staar i Udkanten af en saadan Bevoksning, vil især mod Vindsiden blive daarligere udviklede end de andre. Men derved, at de holder sig lave og bærer Krone helt ned til Jorden, vil de bringe et for de indenfor staaende Træer nyttigt Offer, idet de da holder Vind og Sol ude fra Skovbunden. Og holdes denne beskygget, vil bestandig saadanne Lysplanter, som Græsser o. l., der kunde gøre Jordbundens Tilstand mindre gunstig for Træerne, hindres i at dække den. Ved den tætte Stand skærmes de enkelte Træer ogsaa bedre mod Vindens Angreb. Hugges der for lyst i Udkanten af en Granskov, vil dette kunne have til Følge, at Vinden vælter de blottede Træer, og har den een Gang faaet Tag i en saadan Bevoksning, kan en hæftig Storm rasere den hele (se S. 211). Stryger Vinden ind under Bøgetræernes Kroner, vil den feje det nedfaldne Løv bort og herved forjage en Del for Bøgetræerne nyttige Dyr, som f. Eks. Regnormene, der holder til under Løvet og samtidig holder Jorden i en porøs og skør Tilstand. Desuden udtørres en blottet Jord hurtigere, Solen brænder lettere paa, og Jordbundens Karakter kan derved ganske forandres i en for Bøgebevoksningen meget skadelig Retning, f. Eks. ved Omdannelse af Muld til sur Morjord. — Og saaledes vil man ofte kunne se, at en samtidig Indvandring af et stort Antal Individer af samme Planteart paa et Terræn kan gøre dem til Herrer over dette, hvor det enkelte Individ hurtigt vilde blive undertrykt af andre, stærkere, Konkurrenter.

Der kunde fra Planteriget fremdrages talrige lignende Eksempler paa gensidig Hjælp og dens Betydning for de enkelte Individers Eksistens og tillige mange Tilfælde, hvor den ene Planteart tilvejebringer Livsbetingelser for den anden, men der kræves til Forstaaelsen og den umiddelbare Iagttagelse af slige Tilfælde i Regelen flere Forudsætninger, end hvor det gælder Forhold i Dyreriget, der ofte springer enhver lige i Øjnene.

Man kunde vente, at en gensidig Hjælp indenfor de højere Afdelinger af Dyreriget bundede i en Slags Familjefølelse, saaledes at f. Eks. Forældre og deres Afkom samt Søskende indbyrdes ganske naturligt sluttede sig sammen i mindre eller større Samfund. Men dette er aabenbart kun rent undtagelsesvis Tilfældet. Tværtimod fjærnes af flere Grunde i Regelen de enkelte Medlemmer af en Familje hurtigt fra hinanden, saa snart Afkommet er saa vidt udviklet, at det kan undvære Forældrenes Forsorg. Ti

mellem voksne Individer indenfor Dyreriget hører saadanne Følelser som Forældre- og Søskendekærlighed eller Børnenes Taknemlighed imod og Respekt for Forældrene vistnok til Undtagelserne, og blodbeslægtede Dyr vil snarere af rent praktiske Grunde (Konkurrence om de nødvendige Livsgoder eller — for Hannernes Vedkommende — om Hunnerne) komme i fjendtligt Forhold til hverandre. (Om Undtagelserne herfra se S. 282.)

Derimod er der mange andre Grunde til, at flere Individer af samme Dyreart — uden Hensyn til Blodslægtskab — slutter sig sammen, f. Eks. af ren Selskabelighedstrang, til fælles Forsvar eller Angreb, for at foretage Vandringer, for at parre sig, ruge o. l. Og indenfor saadanne Samfund ses ofte rørende Eksempler paa Hengivenhed og Opofrelse. Fremragende Forskere paastaar endogsaa, at saadanne Sammenslutninger er langt hyppigere indenfor Dyreriget end Kampforhold mellem de enkelte Individer, og at de er et langt virksommere Middel til Artens Opretholdelse end den individualistiske Levevis.

Man er for Tiden i det hele taget tilbøjelig til at lægge mindre Vægt paa Betydningen af den uforsonlige Kamp, der skulde føres i Naturen mellem de enkelte levende Væsener, og hvorunder den paa den ene eller anden Maade stærkeste skulde blive den overlevende. Ja, Nødvendigheden af en saadan Kamp foreligger i mange Tilfælde end ikke. Vel er det saa, at der paa vor Jord kun er Plads og Føde nok til en meget ringe Del af det Afkom, som Planter og Dyr frembringer, og at der, som før nævnt, ofte maa opstaa en heftig Konkurrence om disse Livsgoder mellem Individer af samme Art. Men mange andre Aarsager gør lige saa ofte den indbyrdes Kamp overflødig, saaledes at der tværtimod er mere end nok af Plads og Næring for de Organismer, der holder sig i Live. Tænker vi her alene paa Dyrene, vil f. Eks. uheldige klimatiske Forhold, Efterstræbelse fra andre Dyrearter (Rovdyr), smitsomme Sygdomme o. l. ofte anderledes tynde ud i Rækkerne, og overfor disse Farer er det ikke altid just de fysisk svageste, der først bukker under, men lige saa ofte de i almindelig Forstand stærkeste Individer, der af en eller anden tilfældig Aarsag bliver udsatte for dem. Og her vil det netop ogsaa vise sig, at de Dyr, der lever ensomt, saaledes som visse større Rovdyr (Løver, Tigere, Leoparder o. a.), tiltrods for deres store fysiske Styrke, langt fra har den Formeringsevne — og dette vil igen bl. a. sige Evnen til at modstaa Tilværelseskampens

Farer[1]) — som ganske værgeløse Dyr, der føder samme Antal Unger, men som lever selskabeligt. Derfor er det ogsaa i første Række de Dyr, der enkeltvis fjerner sig fra en Flok, som bliver Bytte for Rovdyrenes Efterstræbelser. Optræder Hovdyr samlede, vil de stærkeste Rovdyr, som Bjørne og Løver, i Regelen være afskaarne fra at kunne bemægtige sig noget enkelt Medlem af Flokken, og saaledes vil ogsaa de smaa Sangfugle kunne klare sig overfor de store Rovfugle.

I Almindelighed er det heller ikke Mangel paa Føde, der sætter en Stopper for Dyrenes Formeringsevne. De allerfleste Egne af Jorden kunde tværtimod ernære mange flere Dyr end dem, der findes paa dem. Og det er ganske undtagelsesvis, at man ser de enkelte Individer i de store Dyreflokke kæmpe med hinanden om Føden. De stærkere hjælper meget oftere de yngre og de svagere i saa Henseende, eller de deler broderligt med hinanden. Og bliver der endelig Mangel paa Næring, kan dette medføre yderligere Sammenhold, som naar Græshopper, Steppehøns, Lemæner o. a. i uhyre Masser begiver sig paa Vandring for at stille deres Sult. Naturligvis drager paa den anden Side ogsaa Overflod paa Næring Dyrene sammen i store Flokke, som naar Fugle samles i Kornmarker, Vandreduerne indtager et nyt Skovdistrikt, eller Sildestimer dannes, hvor Havet er rigt paa de mikroskopiske Væsener (Plankton), hvoraf de lever.

I mange Tilfælde bliver Sammenslutningen af flere Individer en Betingelse for, at de kan gøre Bytte. Ulvene jager saaledes i Flokke, der gør det muligt for dem at overmande større Dyr, som de enkeltvis ikke kunde faa Bugt med. Og Pelikanerne samler sig i talløse Skarer for at fiske, idet de derunder f. Eks, bliver i Stand til at afspærre en Fjord og slutte en saadan Kreds om dens Fiskebestand, at denne ikke kan undvige. Ja, man har endogsaa set disse Fugle ved snævre Floder og Kanaler dele sig i to Partier, der hver dannede en Halvkreds, og saa vade mod hinanden for at trænge Fiskene sammen. Og naar flere smaa Sangfugle slutter sig sammen, kan de forjage en stor Rovfugl, der nærmer sig for at gøre Bytte. Bekendt er det ogsaa, hvorledes

[1]) Selv Arter med en saa ringe Frugtbarhed som f. Eks. Elefanten, af hvilken hvert Par i deres gennemsnitlig 120 Aar lange Levetid kun sætter c. 4—5 Unger i Verden, vilde i Løbet af nogle Aarhundreder alene fylde hele Jordens Overflade, hvis alt deres Afkom fik Lov at leve.

Dyrene (Søløver, Maager, Alke, Pelikaner, Pingviner, Sardiner, Makrel, Thunfisk, Laks m. fl.) samler sig i store Skarer i Ynglетiden og paa Rugepladserne, eller de store Vandretog, som Trækfuglene danner, naar de skifter Opholdssted. Hos de sidste finder vi tillige Spirerne til en højere Organisation af Samfundslivet, idet et særlig kraftigt og dygtigt Individ, f. Eks. mellem Traner og Vildgæs, bliver udset til at være Forflyver, efter hvilken de andre følger, og som de underordner sig. Det er dog ikke et enkelt Medlem af Flokken, der til Stadighed fører an; ti paa denne vanskelige Post bliver det nødvendigt, at flere dygtige Flyvere efterhaanden afløser hverandre. Andre Dyresamfund som Murmeldyr og Præriehunde udstiller paa lignende Maade deres Vagtposter, der giver Signal til alle de øvrige Dyr, naar en eller anden Fare nærmer sig.

Herfra er Springet ikke langt til endnu højere organiserede Samfund, indenfor hvilke et ældre og særlig kraftigt Individ er det stadige Overhoved, eller hvor tillige Arbejdet specialiseres mellem forskellige af de enkelte Medlemmer. Saadanne Samfund kan bestaa af en enkelt Familje, hvor sædvanligvis en polygamisk Han er den herskende, enten alene over sine Hunner (Høns, Strudse) eller tillige over flere yngre Medlemmer, Hanner og Hunner (Hjorte, Okser, Heste, Faar o. a.); undertiden kan det dog ogsaa være en ældre Hun, som hos Elefanterne, der er den herskende overfor et større Antal Hanner og yngre Hunner indenfor samme Familje (et Matriarkat).

Blandt Pattedyrene finder vi saadanne særlig højt organiserede Samfund hos de selskabelige Aber, der ikke alene i Fællesskab opsøger deres Føde og slaar sig sammen om Arbejde, som den enkelte ikke vilde kunne udføre, men som ogsaa udviser den mest rørende Hengivenhed og Hjælpsomhed overfor hverandre, og navnlig under en Fare optræder solidariske.

Hvorledes Samfundsaanden, Arbejdets Deling og den gensidige Hjælpsomhed i Myrernes, Termiternes og Biernes Stater naar op paa Højde med eller endog maaske i visse Henseender overgaar Menneskesamfundene, er en saa almindelig bekendt Sag, at vi her kan nøjes med blot at pege derpaa som et yderligere Eksempel paa det inderlige Sammenhold, der kan herske mellem Individer indenfor samme Art. Og hvorledes dette ikke blot styrker det enkelte Individ under dets almindelige Kamp for Tilværelsen, men ogsaa udvikler dets Evner paa forskellig Maade, saa der ogsaa

indenfor Dyrenes Samfund med Rette kan tales om en eksisterende Kultur og fremadskridende Udvikling i Civilisation, kan der vel heller næppe være Tvivl om.

Endelig kunde man ogsaa fra Menneskesamfundene hente en Overflod af Eksempler paa, hvorledes Samarbejde og gensidig Hjælp styrker Arten i Almindelighed og dygtiggør de enkelte Individer, samt pege paa, hvilket mægtigt Vaaben dette har været i Kampen for Tilværelsen og for at naa det høje Kulturstade, til hvilket de bedst organiserede Samfund har naaet[1]).

Samvirken mellem selvstændige Individer af forskellige Arter. Det er dog ikke blot mellem Organismer, der hører til samme Art, men ogsaa mellem forskellige Arter, at der kan finde en mer eller mindre inderlig og venskabelig Samvirken Sted. Og her spiller end ikke det nærmere eller fjærnere systematiske Slægtskab nogen Rolle, men det er tværtimod snarere de udprægede Forskélligheder mellem de samvirkende, der faar Betydning. Et sadant Fællesskab kan man f. Eks. derfor ogsaa træffe mellem de laveste og de højeste Former saavel indenfor Plante- som Dyreriget, ofte endogsaa mellem Planter og Dyr, og det kan i flere Tilfælde være af saa stor Vigtighed for begge Parter, at det bliver en nødvendig Betingelse for hver enkelts Eksistens. Det fremtræder under mange forskellige Former og meget hyppigt, ja, det er, som før nævnt, saa almindeligt, at der vel strængt taget næppe kan paavises nogen Organisme, som ikke staar i et gensidigt Afhængighedsforhold til andre Organismer. Men her skal vi dog kun fremdrage nogle af de mere iøjnefaldende eller særlig interessante Eksempler derpaa.

Hvorledes mange Blomsters Bestøvning — og dermed de paagældende Planters Forplantning — er afhængig af Insekter (eller andre Dyr), medens disse til Gengæld finder deres

---

[1]) Vi har her ikke omtalt saadanne ufrivillige Sammenslutninger mellem flere Individer af samme Plante- eller Dyreart, som kendetegner saa mange kolonidannende Organismer og bestaar i en løsere eller fastere Sammenvoksning af flere eller færre enkelte Individer (se Fig. 61—64). At disse høster Nytte af Forbindelsen, er umiddelbart indlysende, især hvor f. Eks. de enkelte Dyrs Fordøjelseskanal staar i Forbindelse med hinanden, eller hvor der indenfor Kolonien er uddannet forskellige Slags Individer, hver med sin særlige Organisation og Funktion. Se herom Side 73—75.

Næring i de Blomster, de besøger, er saa velkendt fra Skolebøger og populær-videnskabelige Skildringer, at en nærmere Redegørelse derfor kan spares paa dette Sted. Det skal blot fremhæves, at de enkelte Blomster paa det nøjeste er tilpassede til at modtage Besøg af ganske bestemte Insekter, Kolibrier, Snegle eller andre Dyr, som de hidlokker ved deres særlige Farve og Duft, og som netop er i Besiddelse af saadanne Organer og en saadan Legemsbygning, at de kan naa ned til de paagældende Blomsters Honninggemmer og komme til at overføre Støvet fra den ene Blomst til den anden. Man kan ikke andet end dybt beundre den fine gensidige Tilpasning, der her er gennemført mellem to saa forskelligartede Slags Væsener, skønt ingen af disse kan antages at have nogen som helst Følelse af, hvor meget de betyder for hinanden. Var der ellers noget Steds i Plante- og Dyreverdenen Anledning til at personificere og digte Æventyr om gensidig Tilbøjelighed med Anvendelsen af de Midler (Skønhedsudfoldelse, Lokken og Fristelser ved Tilbud om Ambrosia og Nektar og Læ for Livets Storme i duftende og fredlyste Omgivelser), som vækker denne — saa var det her. Og mange Digtere (H. C. Andersen, Maeterlinck, Carl Ewald, Selma Lagerlöf o. fl.) har da ogsaa skænket os saadanne Æventyr herom, at de — til Trods for alt det fantastiske og uvidenskabelige i dem — i overordenlig Grad har bidraget til at vække Kærligheden til den levende Natur og Lyst til ved Studium at trænge ind i dens Hemmeligheder.

Lige saa lidt som Insektet aner, at det kommer til at fungere som Formidleren ved nye Planters Opstaaen, hver Gang det flagrer fra Blomst til Blomst for at mætte og beruse sig i Blomsterstøv eller Honningsaft, lige saa ufatteligt vil det være for den Fugl, der lever af saftige, røde Bær, at den herved gør Planterne, fra hvem den røver disse Frugter, den største Tjeneste netop ved at spise dem. Ti inde i det bløde saftige Bær eller i den kødfulde, nærende Stenfrugt ligger der jo Frø, der ofte er saa haardskallede, at de gaar ganske uskadte gennem Fuglens (eller et andet Dyrs) Fordøjelseskanal, alt mens de bliver førte langt bort fra Moderplanten og kvitterede paa et Sted, hvor Spiringsbetingelserne maaske er langt gunstigere, og hvor de har Mulighed for at erhverve sig en ny Vokseplads. Og netop for at lokke Dyrene hertil har Planten udstyret sin Frugt med de mest iøjnefaldende Farver, med den herligste Duft og Smag og tilmed givet den i Medgift et Oplag

af Næringstoffer, som Frøene og de i dem slumrende Kimplanter aldrig faar direkte Nytte af, men som netop udgør det tillokkede Dyrs kæreste Føde.

Og endnu mere intimt bliver Forholdet mellem Planter og Dyr, hvor de sidste ikke alene opnaar Føden hos de første for at udføre et Arbejde i Forplantningens Tjeneste, men hvor de ogsaa yder hinanden direkte Ly og Beskyttelse. Saadanne mærkelige Kompagniskaber har man set etablerede bl. a. mellem Planter og Myrer. I visse tropiske Træer (Cecropia- og Akaciearter) huses hele Myrekolonier i hule Grene og tyndvæggede, opsvulmede Torne, hvor de finder en for dem meget bekvem Bolig. De paagældende Myrer hører til de mest stridbare Arter og er forsynede med en meget smertende Giftbrod. Ved den mindste Uro styrter de skarevis ud af deres Bo og angriber i Raseri, hvem der maatte forstyrre deres Ro. De taaler saaledes bl. a. heller

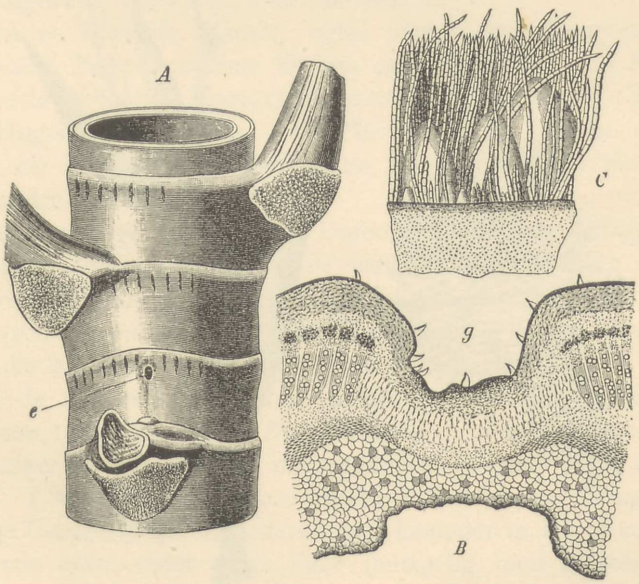


Fig. 95. *Cecropia adenopus.* *A.* Et Stykke af en hul Gren i omtrent naturlig Størrelse med den nederste Del af 3 Bladstilke, der paa Undersiden bærer de med Haar og »Myrebrød« udstyrede ejendommelige Puder; ved *e* har Myrerne gennemboret det tynde Sted i Stænglens Væg, som er afbildet i Tværsnit svagt forstørret) i Fig. *B*, *g*. *C* er et Stykke af Bladstilkpuden med Haar og de ægformede »Myrebrød« (svagt forstørret).

ikke Nærværelsen af andre Myrearter, der, som Bladskærermyrerne, ellers med Forkærlighed hjemsøger de paagældende Planter og da fuldkomment afblader dem, og de er da ogsaa i Stand til at holde disse borte. For den Tjeneste, de herved gør Træerne, yder disse dem dobbelt Gengæld. Paa hvert Stængelled af *Cecropia adenopus* findes der lige over den i Bladhjørnet siddende lille Knop et tyndt Sted i den hule Stængelvæg, hvor der intet mekanisk Væv forekommer, men kun bløde, tyndvæggede Celler, som Myrerne let kan gennembide for at skaffe sig Adgang til Stængelhulen (Fig. 95). Men foruden det Ly, den giver dem der, forsyner Planten dem tillige med en velsmagende og nærende Føde, som de sætter særlig Pris paa. Ti paa den nederste Del af Bladstilken findes en pudeformet Dannelse, forsynet med fine Fløjelshaar, mellem hvilke der sidder smaa ægformede Legemer (»Myrebrød«), der er rige paa Ægge-



Fig. 96. *Acacia cornigera,* hvis Akselblade er uddannede som store, hule Torne, i hvis Spids Myrerne bider Hul for at tage Bolig i dem. Den yderste Del af Smaabladene bærer et lille næringrigt Vedhæng, som Myrerne æder,. Paa Hovedbladstilken findes desuden et Honninggemme. Nektarium, der stadig forsyner Myrerne med Honning.

hvidestof og Fedt, og som Myrerne æder med stor Appetit. Disse smaa saakaldte Müllerske Legemer er en Slags kirtelagtige Organer, der straks vokser ud igen, naar de er blevne afbidte, og saaledes bestandig frembyder friskt Foder for Myrerne. — I *Acacia cornigeras* tyndvæggede, hule Akselbladtorne bider Myrerne ligeledes let en Indgangsaabning og tager da Tornen i Besiddelse som Bolig (Fig. 96). Og paa Enden af hvert Smaablad af denne Plante findes der et lille æg- eller pæreformigt Vedhæng, der ligeledes er rigt paa Æggehvidestoffer og begærligt ædes af Myrerne, men som dog ikke vokser ud igen, hvor det en Gang er fjærnet. Men desuden findes der saa paa Hovedbladets Stilk et Honninggemme, Nektarium, der udsondrer en Myrerne velbehagelig sød Saft.

Flere andre Plantearter er paa lignende Maade beboede af Myrer i særlige Organer, der synes at være indrettede til dette Brug, og sandsynligvis har disse Planter da ogsaa en eller anden Nytte af Myrernes Nærværelse. Men her fremtræder det nyttige Gensidighedsforhold ikke altid saa klart.

Hos en Mængde Planter, ogsaa blandt vore hjemlige Arter, kan man i Hjørnet mellem Hoved- og Sidenerverne paa Bladenes Underside ofte finde haaragtige Dannelser, Domatier, der yder et Tilflugtssted for mange smaa Dyr (Insekter, Midder, Hjuldyr o. l.), der mod at opnaa Beskyttelse her muligvis gør Planten en eller anden Gentjeneste.

Det gensidigt venskabelige Forhold mellem forskellige Arter kan ogsaa blive saa intimt, at de benytter samme Bolig og Opholdssted (Synøki) og da tillige ofte spiser ved det samme Bord (Kommensalisme). Herpaa haves en Række Eksempler, af hvilke der blot skal anføres nogle enkelte.

Af de fritlevende Havorme holder en Del til i Rørormenes Kalkhuse, Middearter og Bogskorpioner i Fuglenes Reder, og Gøgeunger fodres paa det omhyggeligste af deres smaa Plejeforældre. I Myre- og Termitboer findes i Regelen en Mængde forskellige Gæster (Midder, Edderkopper, Isopoder m. fl.), med hvilke Værterne enten deler deres Føde (antagelig mod passende Gentjenester), eller som lader sig nøje med Affaldet fra det rige Bord. Nogle af disse Gæster behandles med særlig Omhu og Kærlighed, som visse smaa Billearter (*Paussus*-Arter), der aabenbart til Gengæld udskiller duftende og velsmagende Stoffer, som for Myrerne er en Slags Nydelsesmidler. Og overfor Blad- og Skjoldlus, der ikke just deler Bolig med dem, kan Myrerne optræde som deres særlige

Beskyttere, idet de opfører Regntage over eller beskyttende Volde om dem paa de Blade, hvor de lever, og saa som Vederlag herfor »malker« Bladlusene, d. v. s. stryger dem med deres Følehorn henad Bagkroppen, hvorunder Bladlusene kvitterer deres bekendte søde, flydende Ekskrementer, der for Myrerne udgør en Lækkerbidsken (Fig. 97). Dette Forhold minder ganske om Menneskenes Husdyrhold, der jo forøvrigt ogsaa er et talende Eksempel paa den Nytte, forskelligartede Organismer kan have af hinanden.

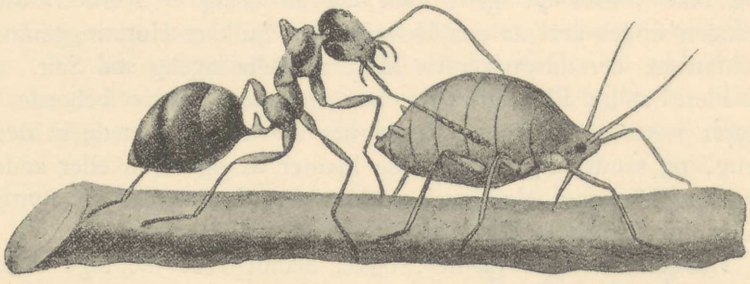


Fig. 97. Myre, der »malker« en Bladlus ved at stryge den med sine Følehorn hen ad Siderne. Bladlusen kvitterer herunder stærkt sukkerholdige Ekskrementer, som Myren æder, hvorfor den ogsaa holder Bladlusene som et Slags Husdyr.

Naar Mennesker og andre varmblodige Dyr huser saa rig en Flora af Bakterier i deres Fordøjelseskanal, bestaar der aabenbart ogsaa her i mange Tilfælde et nyttigt Gensidighedsforhold. At Bakterierne finder rigelig Næring og en gunstig Temperatur hos deres Værter er selvindlysende, men nogle af dem gør sikkert ogsaa Nytte til Gengæld — maaske ved at understøtte Fordøjelsen —, da det har vist sig, at Dyr, der udklækkes og opfostres sterilt samt fodres med steriliseret Føde, meget hurtigt gaar til Grunde.

Endnu mere stadigt og intimt kan Samlivet naturligvis blive mellem saadanne Dyr, der — uden just at være sammenvoksede — er fasthæftede til hinanden eller til et fælles Underlag. Det er saaledes almindeligt, at mange Taskekrabber lader sig overvokse med Svampe, Rørorme og andre Dyr og derved opnaar en for dem gunstig Maskering, samtidig med, at de paagældende Dyr bliver førte med omkring til stadig nye Vandlag, hvorved deres Chancer for at skaffe sig Næring bliver større. Og Eremitkrebsen,

der har en ganske nøgen, ubeskyttet Bagkrop, dækker som bekendt denne ved at tage Ophold i tomme Sneglehuse, paa hvis udvendige Side ofte samtidig Svampe, Søanemoner og Hydroidpolyper hæfter sig fast. Disse sidste beskytter ganske sikkert ofte Krebsen yderligere ved Hjælp af deres giftige Neldekapsler, og som Løn herfor opnaar de ikke alene, som i ovenanførte Eksem-

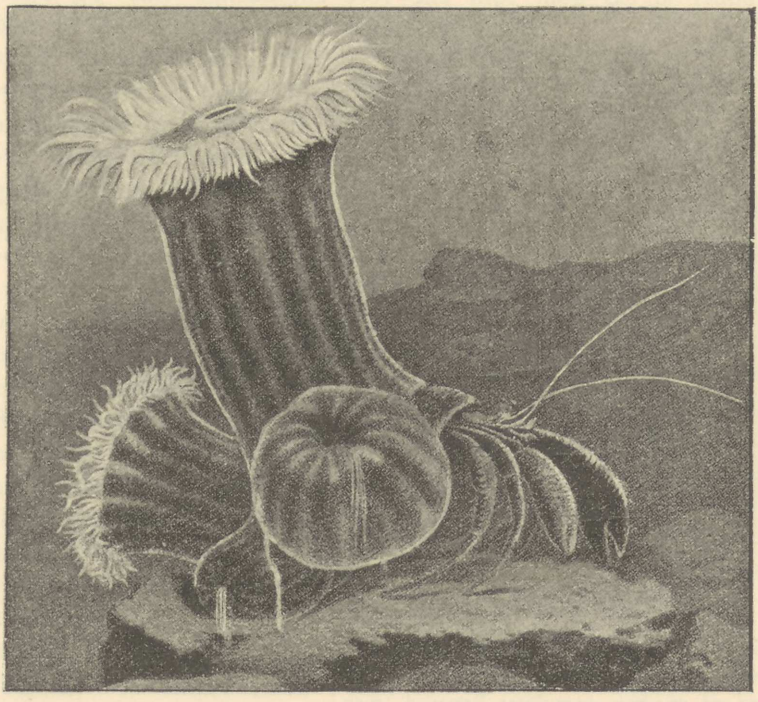


Fig. 98. Paa det Sneglehus, i hvilket en Eremitkrebs har anbragt sin nøgne Bagkrop, har en Søanemone fæstet sig og formeret sig ved Knopskydning, og Krebsen fører nu sine beskyttende Venner med sig omkring paa Havbunden.

pel, at faa fri Befordring omkring til forskellige Steder med friske Næringsforraad, men de kan tillige gøre sig til Gode med Affaldet af det Bytte, Krebsen indfanger.

Symbioser. Endelig kan Samlivet mellem to ganske forskelligartede Organismer blive saa inderligt, at den ene ligefrem optager den anden i sig, eller de vokser sammen til et Dobbeltvæsen, saa de kun herigennem faar Betingelser for at eksistere

under givne Livskaar og i ganske særlig Grad at kunne udnytte disse. Saadanne Forhold kaldes Symbioser. Som Eksempel herpaa er allerede (S. 76 og S. 272) nævnt Lavarterne, der altid bestaar af en Svamp og en Alge, samt Mykorrhizerne, om hvilke sidste der her skal tilføjes følgende. Det har vist sig at være et almindeligt udbredt Fænomen, at de yngre Rødder af saa godt som alle vore almindelige Løv- og Naaletræer samt af en Mængde Buske og urteagtige Planter (navnlig saadanne, der forekommer paa Humusbund) er bedækkede med eller gennemvoksede af Svampe og danner, hvad man kalder en Svamprod, Mykorrhiza, der da gerne har et fra normale Rødder afvigende Udseende (er opsvulmet og forgrenet paa en ejendommelig Maade). Ofte danner Svampen en saa tæt og sammenhængende Skede om Roden (ektotrofe Mykorrhizer), at denne maa optage al Næring fra Jordbunden gennem Svampen, og dog synes de paagældende Planter at trives bedre sammen med end uden denne. I andre Tilfælde tager Svampen Plads inde i Rodbarkens Celler (endotrofe M.). Det er aabenbart, at Svampen fra sin Vært henter organiske Stoffer (dannede i Bladene), som den ikke paa egen Haand vilde kunne skaffe sig, men samtidig forretter den sikkert et for Værten nyttigt Arbejde ved Optagelse af Jordbundens Næringsstoffer. Man har ment, at den bl. a. skulde kunne udnytte de organiske Kvælstofforbindelser, der findes i Humusstofferne, til fælles Bedste, men da Mykorrhizer undertiden forekommer lige saa hyppigt og veludviklede hos de samme Planter, naar disse vokser i en humusfattig som i en humusrig Jordbund, har

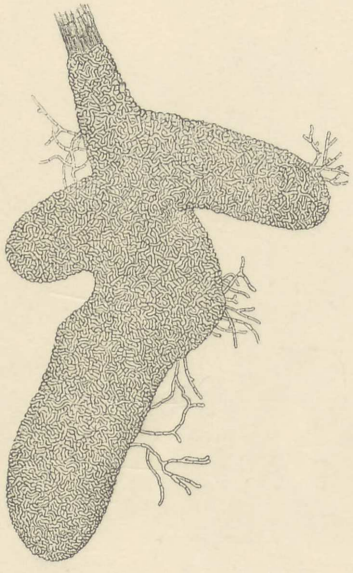


Fig. 99. Svamprod (Mykorrhiza) af Bøg. Svampen danner et tæt Net omkring Enden af en ung opsvulmet Bøgerod, men trænger samtidig ind imellem Rodbarkens Celler. 40 Gange forstørret.

Svampene sikkert ogsaa Betydning i anden Henseende. Efter de senere Aars Undersøgelser synes nogle af de Svampe, der kan danne Mykorrhizer, bl. a. ogsaa at bidrage til den fælles Husholdning paa den ovennævnte, vigtige Maade, at de indvinder Luftens frie Kvælstof ved at overføre dette i organiske Forbindelser, hvad Værtplanterne paa egen Haand ikke er i Stand til; ti flere af de paagældende Svampe kan ogsaa i Renkulturer assimilere frit Kvælstof. Og dette forklarer os, hvorfor visse mykorrhizaførende Træer (som Fyrretræerne) kan trives frodigt i næsten kvælstoffri Jordbund og endda yderligere (sandsynligvis ved Henraadnen af Rødder) forsyne andre Planter (som Granerne) med Kvælstofnæring.

Det er ikke blot Svampe, der kan tage Plads i højere Planters Rødder og her indgaa en venskabelig Symbiose med disse, men det kan ogsaa være Bakterier eller bakterielignende Væsener. I de indtil barnehovedstore Knolde, der er saa almindelige paa Elletræernes Rødder, findes saadanne, Bakterierne nærstaaende, Organismer, der er i Stand til at binde Luftens frie Kvælstof og forsyne deres Vært dermed. Og paa saa at sige alle Bælgplanters Rødder findes der ejendommelige, større eller mindre Knolde (se Fig. 100), i hvilke der lever ægte Bakterier, som netop foranlediger Knolddannelsen og for Størstedelen lever af de Stoffer, som Værtplanten fører hen til disse Organer. Kun Kvælstofforsyningen besørger de selv ved at binde Luftens frie Kvælstof, og heraf indvinder de saa meget, at de paagældende Bælgplanter kan undvære al anden Kvælstofnæring og dog opnaa en overordentlig kraftig Udvikling. Af disse saakaldte Knoldbakterier forekommer der i det mindste to veladskilte Arter og indenfor disse igen flere Racer, der hver for sig synes at være tilpassede til en bestemt eller nogle faa nærstaaende Værtplanter. Naar Bælgplanterne dør, og efterhaanden som deres Rødder raadner bort, bliver Bakterierne frigjorte og kan derefter holde sig i Live i Jorden i nogen Tid. Derfor kan Jord, i hvilken der har været dyrket knoldførende Bælgplanter, tjene som Smittemateriale (Podejord) ved Dyrkning af de samme Planter paa et nyt Areal, og en saadan Anvendelse af Podejord, eller endnu bedre af Renkulturer af Knoldbakterierne (Nitragin), viser sig næsten altid at være yderst formaalstjenlig til Forøgelse af Bælgplanteafgrøden.

Det er ganske interessant, at Forholdet mellem Bælgplanten og dens Knoldbakterie efterhaanden skifter Karakter. Ti fra Begyndelsen af er det slet ikke venskabeligt. Da opfører tværtimod Bak-



Fig. 100. Ærter med Rodknolde, hvori kvælstofbindende Bakterier. *A* og *B* er dyrkede i kvælstoffrit Sand med Tilsætning af alle nødvendige Næringsstoffer undtagen Kvælstof. *A* er podet med et Udtræk af Havejord, der har indeholdt Knoldbakterier, *B* er upodet og har heller ikke faaet udviklet Knolde paa sine Rødder; har derfor lidt af Kvælstofhunger. *C* er et lille Stykke af en Rod paa *A*, paa hvilken de ejendommelige Knolde ses i noget stærkere Forstørrelse.

terien sig som en slet og ret Snylter, der endogsaa kan gøre sin Vært alvorlig syg. Men efter at denne har overstaaet sin Børnesygdom, opstaar der et mere venskabeligt Forhold mellem de to, saa Bælgplanten kun faar Nytte af sin Gæst. Skulde det derefter gaa ud over nogen, maatte det snarere blive over Bakterien, idet det ofte ser ud, som om Bælgplanten fordøjede og opsugede ældre, svækkede Bakterieceller (Bakteroïder), medens dog samtidig de yngre bliver ved at formere sig, saa længe Rødderne vokser.

Denne Symbiose mellem Bælgplanter og Knoldbakterier spiller ikke alene den største Rolle ude i Naturen, hvor den gør det muligt for de første at erobre saadant Terræn (kvælstoffattig Sand- og Klippebund), hvor højere Planter ellers vilde finde altfor utilstrækkelige Mængder Kvælstof, eller i al Almindelighed at berige den Jordbund, hvori de vokser, med Forbindelser af dette Stof, som ogsaa kan komme den øvrige Planteverden og Dyrene til Gode. Men efter at Sammenhængen mellem disse to Organismer er bleven opdaget (af HELLRIEGEL og WILFARTH i 1886), og det er lykkedes at bringe Bakterierne i Renkulturer udenfor Bælgplanterne, har man kunnet bringe denne Symbiose i praktisk Anvendelse i Jordbruget og vundet et overordentlig stort økonomisk Udbytte af den. —

Endelig skal det nævnes, at der eksisterer en Del gennemsigtige, lavere Dyr (Infusionsdyr, Ferskvandssvampe og -polyper, marine Radiolarier og Søanemoner), der med encellede grønne Alger, som de optager i deres Indre, danner lignende Dobbeltvæsener som Lavarterne, idet de, ligesom her Svampene, drager Nytte af de organiske Stoffer, Algerne kan producere ved Hjælp af deres Kulsyreassimilation, og af den Ilt, der herunder frigøres, medens Algen nyder Beskyttelse, bliver forsynet med Kulsyre og andre Næringsstoffer osv. fra Dyrets Side.

Ensidig Hjælp.

Dyr og Planter er nu ikke altid saa egoistiske, at de kun sørger for sig selv, eller saa fordringsfulde, at de absolut forlanger Gentjenester for den Hjælp, de yder andre, men de kan tvertimod ofte vise en saadan Omsorg for deres Medskabninger, at de endog kan sætte Livet ind for deres Skyld. Paa den anden Side er de Tjenester, den ene yder den anden, ogsaa ofte ufrivillige, og der findes mange Forhold,

af hvilke kun den ene Part har nogen Fordel, medens den anden dog heller ingen Skade har deraf.

Omsorg for Afkommet. Den første Betingelse for Livets fortsatte Opretholdelse paa Jorden er den, at de paa ethvert givet Tidspunkt eksisterende Organismer sørger for at sætte Afkom i Verden. I Overensstemmelse hermed er Driften til at forplante sig saa stærk hos alle levende Væsener, at i de Perioder af deres Liv, da den melder sig, skydes ethvert andet Hensyn til Side, bl. a. ogsaa ofte Hensynet til det enkelte Individs Selvopholdelse. Og er de ydre Kaar trange og lidet gunstige for en normal og fyldig Udformning af Legemets forskellige Organer, afkortes tit den rent vegetative Udvikling, og forskellige andre Funktioner nedstemmes til et Minimum, medens al Kraft sættes ind paa Forplantningsorganernes Udformning og Forplantningsvirksomheden. Vi ser f. Eks. Alpeplanterne, der lever i Højderegionerne, hvor Sommeren er kort og Temperaturen gennemgaaende lav, nøjes med en yderst kummerlig Udformning af de vegetative Organer, medens de hurtigst mulig søger at frembringe faa, men store, farverige og duftende Blomster, som kan hidlokke Insekter, blive bestøvede og sætte spiredygtige Frø. Og i tørre Somre afkortes — ogsaa paa Slettelandet — de enaarige Planters Vegetationstid; Blomstring og Frøsætning indtræder tidligere end ellers, selv hos Planter, der kun har opnaaet en meget svag Udvikling af de vegetative Organer.

Og naar endelig Forplantningsorganerne er færdigt dannede, har Moderplanterne ofte udtømt alt Forraad af deres egne Væv og nedlagt det i et Depot for Afkommet (i Frøhvide, Kimblade eller vegetative Formeringsorganer), hvis første Udvikling, under Spiringen, da bliver uafhængig af Næringsoptagelse udefra.

Hos en Mængde toaarige Planter ser vi, hvorledes de i den første Vegetationsperiode opsamler en stor Mængde Forraadsnæring i opsvulmede Rødder og Stængler, der i næste Vegetationsperiode igen udtømmes og tjener til Udvikling af Blomster og Frø, af hvilke hvert enkelt faar sit lille Oplag til Brug for Kimens Spiring. Og naar Planten saaledes har sørget for sit Afkom, afslutter den ofte sit eget Liv. Men den kan ogsaa i flere andre Henseender have sørget for sine Børn, f. Eks. ved at forsyne sine Frø og Frugter med saadanne Flyveapparater (Frøuld, Fnok, Vinger m. m.), at Vinden let kan sprede dem, ved at give

dem et Vedhæng af Hæfteapparater, saa de let hænger fast ved Dyr og spredes af disse, eller ved at anbringe dem i saftige og søde Frugter, der gerne ædes af Dyr, medens Frøene gaar uskadte igennem disses Fordøjelseskanal og imidlertid er blevne fjærnede i større eller mindre Afstand fra Moderplanten. Den besørger endelig ofte selv Spredningen ved at uddanne saadanne Frugter, der springer op og kaster Frøene ud i en vid Omkreds fra Moderplanten, eller den forsyner dem med særegne Boreapparater (Tranehals), at de kan trænge ned i Jorden og finde gunstigere Spiringsbetingelser end paa dennes Overflade (Fig. 101).

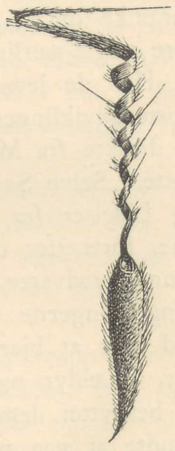


Fig. 101. Frugt af Tranehals *(Erodium cicutarium)*, der er forsynet med et langt Næb, der ved Udtørring ruller sig skrueformigt op, ved Befugtning rettes lige ud. Ved disse Bevægelser kan Frugten bore sig ned i Jorden.

I hvilken Grad Moderkærligheden er fremtrædende hos de fleste højere Dyr, med hvilken Utrættelighed Hunnerne søger at skaffe Føde til Afkommet og med Indsatsen af deres eget Liv forsvarer det mod Farer og Angreb, er enhver bekendt. Sjældnere er det derimod, at Faderen viser lignende Følelser, men man har dog flere Eksempler herpaa f. Eks. fra Aber, forskellige Fugle og Fiske, medens paa den anden Side de fleste Hanner er fuldkomment ligegyldige overfor deres Unger eller endog (mange Rovdyr) betragter dem som et kærkomment Bytte.

Men forøvrigt gør Moderinstinktet sig gældende hos de forskelligste Grupper indenfor Dyreriget, hvor det overhovedet kan faa Betydning for de nye Generationers Ve og Vel. Naar Befrugtningen foregaar uden for Organismen, idet f. Eks. baade Æg og Sæd gydes i Vandet og forener sig der (som hos Søpindsvin, flere Padder, Fiske m. fl.), bliver selvsagt Forholdet mellem Forældre og deres Afkom af mere fremmed Karakter, saa der i Reglen kun bliver Tale om at anbringe Kønscellerne paa saadanne Steder, hvor der er de bedste naturlige Udviklingsmuligheder for Ynglen. Og hvor Omgivelserne ellers let tilfredsstiller alle nødvendige Livskrav, kan en Omsorg for Afkommet blive ganske overflødig.

Det er naturligt, at det først og fremmest er hos de Dyr, der indgaar en kønslig Parring, og hvor Fosteret udvikles inde i Mo-

derdyret — som altsaa føder levende Unger —, at vi kan vente at finde en Yngelpleje. Men det er dog ikke alle levendefødende Dyr, der udviser denne, og paa den anden Side fremtræder den særlig smukt netop hos mange Dyr (Fugle og Insekter), der lægger Æg, i hvilke Fosterets Udvikling sker udenfor Moderdyrets Legeme, ja, undertiden endogsaa hos saadanne (Fiske og Padder), hvor Befrugtningen af Æggene foregaar i Vandet.

Det vilde føre alt for vidt her at gennemgaa Yngelplejen indenfor de forskellige Grupper af Dyreriget, og vi skal derfor indskrænke os til at pege paa enkelte fremtrædende Træk eller anføre nogle særligt talende Eksempler derpaa.

Hos de levendefødende Dyr og navnlig hos saadanne, hvor Fosterudviklingen tager forholdsvis lang Tid, ernæres Afkommet jo direkte fra Moderdyrets Legeme og tærer ofte i høj Grad paa dette. Selve Svangerskabet betyder da hyppigt en Række Ofre og Lidelser fra Moderens Side, og hos Pattedyrene, der giver Die, fortsættes disse efter Fødselen, i alt Fald saa længe Diegivningen vedvarer, men som oftest ogsaa længere Tid derefter, saa længe Ungerne ikke er helt voksne og kan have Vanskeligheder ved selv at bjerge Føden. Saaledes bærer mange Aber, Dovendyr, Skældyr og Pungdyr deres Unger med sig omkring, eller de beskytter dem i Farens Stund, længe efter at de ellers er begyndte at gaa paa egen Haand. Med hvilken Omhu Bier og Myrer plejer og fodrer deres Larver, eller Fuglene, mange Fiske og andre æglæggende Dyr udruger deres Æg — i hvilke der forøvrigt i saa Tilfælde allerede er nedlagt et betydeligt Forraad af Næringsstoffer til Fosterets Udvikling — og senere mader og beskytter de udrugede Unger, ved ogsaa enhver. Det skal kun tilføjes, at det her jævnligt er Hannerne, hvem Yngelplejen paahviler, f. Eks. hos Odinshønsene og Strudsene, hos Hundestejler, Tangsnarer, Krybefisk, Maller o. m. fl. Fiske, hos forskellige Padder som *Rhinoderma Darwinii* o. fl. Hos Naalefiskene er Hannen endogsaa forsynet med en særlig Rugepose paa Bugen, og Flodlæbefiske og Maller anbringer Æggene i deres Mund- eller Gællehule, hvilket naturligvis i høj Grad maa modificere deres sædvanlige Levevis.

De Boliger eller Reder, som Dyrene bygger til Opfostringen af deres Afkom, i hvilket Arbejde ofte baade Hannerne og Hunnerne deltager, er ogsaa et talende Udtryk for den Omsorg, de viser dette.

Mærkeligst er maaske dog det Instinkt, der bringer Dyr til at sørge for det Afkom, de aldrig selv faar at se, fordi de dør, inden det »kommer til Verden«. Dette er Tilfældet med mange Insekter, der lægger deres Æg paa saadanne Plantedele, i Aadsler, i Gødning osv., hvor der netop er en for Larverne passende Næring tilstede, eller med visse enlige Hvepse, Bier og Gravehvepse, der opfører Celler eller graver Huller i Sandbanker, Pæle, Mure, Plantestængler o. l., og der ved Siden af deres Æg anbringer enten et Depot af Blomsterstøv og Honning eller et Bytte af levende Insekter, Larver osv., som de har lammet ved et Stik af deres Giftbrod i Brystganglierne eller paa anden Maade har bedøvet, saa de uden at dø og gaa i Forraadnelse er ude af Stand til at fjerne sig, før de udklækkede Larver faar Lejlighed til at bemægtige sig dem.

At Dyrene ofte giver deres Afkom en vis Opdragelse, f. Eks. lærer det at jage og at flyve, eller endog straffer det, hvis det ikke opfører sig tilfredsstillende, haves der ogsaa en Række Eksempler paa (fra Rovdyr, Trækfugle, Elefanter m. fl.).

Ufrivillig Hjælp. Den Hjælp, den ene Organisme yder den anden — uden at modtage nogen Gentjeneste derfor, men ogsaa uden selv at have noget Men deraf — er ganske sikkert i overmaade mange Tilfælde rent tilfældig eller ufrivillig. Saaledes naar Dyr slæber Plantefrø, der er forsynede med Hæfteapparater (Kroge, klæbrige Stoffer o. l.), eller som sammen med Dynd o. a. hænger ved deres Haar og Fjer eller (ved Vadefuglenes) Fødder, med sig omkring; men den er ikke desto mindre af den største Betydning for den ene Part.

Under dette Synspunkt maa bl. a. Epifyters, Epizoërs (Epøkers), Klatre- og Slyngplanters Forhold til de Organismer, paa eller opad hvilke de lever, betragtes.

Ved Epifyter forstaar man saadanne Planter, der uden at drage Næring derfra fæster sig til andre Planter eller Dyr og her finder en gunstig Vokseplads. Næsten alle lidt ældre Træers Stammer og Grene, ofte ogsaa Blade eller fritstaaende Rødder, og ikke sjældent Dyr med haard Hud eller Panser (navnlig Vanddyr) er bevoksede med saadanne for det meste helt uskadelige Gæster. Under vore Klimater er det mest Lavarter og Mosser eller (særlig i Vandet) Alger, der optræder som Epifyter, men i varmere Klimater træffer man blandt disse tillige talrige Bregner og Blomster-

planter, f. Eks. Orkideer, Bromeliaceer, Araceer, Pandanaceer, Figenarter, Kaktus, Asklepiadeer, Rubiaceer m. fl. Disse Planter faar alle nødvendige Næringsstoffer fra Luften og fra det med denne tilførte Vand og Støv eller fra henfaldende Planterester, der samler sig omkring deres Rødder og Blade. De har den Fordel af deres ofte høje og frie Stade, at de der har lettere Adgang til Lys end ved Jordens Overflade, og hvor de er fæstede til selvbevægelige Dyr, nyder de godt af den jævnlige Stedforandring. — En mindre Gruppe, mest lavt staaende, Planter (Alger) tager Plads inde i Hulheder i andre (højere) Planter uden at gøre disse nogen Fortræd, men aabenbart nærmest for at søge Ly der. De kaldes Endofyter. — De Slyng- og Klatreplanter, der snor sig om eller hæfter sig fast til andre Planter, har i Regelen deres Rødder i Jorden og opnaar nærmest kun en Afstivning fra andre Planters Side.

Paa tilsvarende Maade som Epifyterne og Endofyterne findes der en Række Epizoër (og Endozoër) eller Epøker, d. v. s. Dyr, der tager Ophold paa eller i andre Dyr eller Planter uden hverken at tilføje disse nogen nævneværdig Fortræd eller gøre dem nogen Gavn. Særlig paa og i Vanddyr vil man træffe mange af disse harmløse Gæster, der paa den Maade skaffer sig et gunstigt Opholdssted, ofte gratis Befordring og jævnligt i Tilgift nogen Føde i Affaldet fra den rigeres Bord. Skallerne og Panserne af Snegle, Muslinger og Krebsdyr vil ofte være besatte med Bryozoër, Rørorme, Hydroidpolyper, Balaner; Huden af Hvaler ligesaa. Og Sugefiskene, hvis første Rygfinne er omdannet til et Sugeapparat, hæfter sig ved Hjælp af dette til større Fisk (og Skibe), med hvilke de da befordres omkring. I Koralstokke og Havsvampe, i Muslinger og nedsænkede i Huden af Fisk og Hvaler, ja selv i Mundhulen eller Fordøjelseskanalen af Fisk kan forskellige uskadelige Endozoër holde til[1]). I overordentlig høj Grad benyttes Havets og de ferske Vandes større Planter samt Træernes Stammer og Grene som Fasthæftningssted for Dyr, og Planteverdenen tjener i det hele taget i langt større Udstrækning end omvendt som Opholds- og Skjulested for talrige Repræsentanter fra Dyreverdenen.

Idet Dyrenes Farver og Former er afstemte efter de Plante-

---

[1]) Det er ikke altid let at afgøre, om slige Forhold er til gensidig eller ensidig Hjælp. Jfr. derfor S. 287.

deles, hvorpaa de forekommer, som de retvingedes Insekters (»vandrende Pinde« og »vandrende Blade«), Sommerfugles, Puppers m. fl., der ganske ligner de Grene, Blade og Frugter eller Lavarter, mellem hvilke de færdes, opnaar Dyrene herigennem et Beskyttelsesmiddel mod deres Fjender (Formtilpasning). — Paa samme Maade narrer værgeløse Dyr ofte deres Efterstræbere ved at antage det Udseende, som stærkt bevæbnede eller daarligt smagende Arter har, for hvilke de paagældende Dyr ikke er farlige (Mimikry). Mange Blomsterfluer forklæder sig, f. Eks. som Humlebier og Hvepse, der har Giftbrod, og det ofte saa godt, at kun et øvet Øje kan skelne dem fra hinanden; og derved undgaar de den Forfølgelse, som de ellers vilde være udsatte for, og som de da slet ikke kunde værge sig imod.

Endelig kunde man under denne Kategori af ensidig Hjælp ogsaa indordne det Forhold, der bestaar imellem levende og døde Organismer, af hvilke de første lever paa Bekostning af de sidste. Herhen vilde da høre alle Raadplanter (Saprofyter) og Aadselædere (Nekrofager), hvis Liv er betinget af, at visse andre Organismer har levet, saa disse altsaa efter deres Død kommer til at yde de andre en værdifuld Hjælp uden i levende Live at have været skadede eller gavnede af dem.

Kampforhold.

Om det skulde lykkes en Gang indenfor Menneskesamfundene — hvad mange drømmer om og haaber paa — at etablere en Tilstand, i hvilken der hersker uforstyrret Fred og Harmoni, da intet Menneske — med sin gode Vilje i alt Fald — gør andre Fortræd, da der af et godt Hjærte ydes Hjælp til de svage, og man bestræber sig for at gøre hinanden alt tænkeligt godt, da, kort sagt, Næstekærligheden sidder i Højsædet, og Retfærdigheden regerer — om dette er muligt, skal lades være usagt. Men hvis man herfor — som i sin Tid Jean Jacques Rousseau — tror at kunne finde et Forbillede i den levende Natur udenom os, eller man muligvis skulde kunne haabe paa, at lignende Tilstande kunde oprettes der, saa gør man sig sikkert ganske fejlagtige Forestillinger og unyttige Illusioner.

Tværtimod vil det være vanskeligt at paapege — efter menneskelige Begreber — etiske Loves Gyldighed i Plante- og Dyreverdenen. Ti den samme Hensynsløshed og Ondskab, Antipati

og uforsonligt Had, Mangel paa Barmhjertighed og Lysten til at pine m. m., der kaster saa mørk en Skygge over Menneskelivet, kort sagt alt det, der strider mod vore fundamentale etiske Begreber, og som i vore Samfund regnes til de værste Forbrydelser, vil man overalt udenom os kunne se vore mere eller mindre besjælede Medskabninger hvert Øjeblik gøre sig skyldige i.

Ved Siden af den megen gensidige Hjælp, den rørende Omhu og Opofrelse, som f. Eks. Dyrehunnerne kan vise overfor deres Afkom, eller det lykkelige Familjeliv, der kan føres indenfor Dyresamfundene, o. l., som viser, at det, vi kalder Kærlighed, ikke er noget, Menneskene alene har Privilegium paa at føle, er Naturen opfyldt af Ufred og uforsonlige Kampe paa hver en Plet, hvor der overhovedet findes noget levende, og Undertrykkelse, List, Svig, brutale Overfald, Drab m. m. synes oven i Købet at høre med til Naturens Orden, ja, at være den uomgængelige Betingelse for en Mængde Væseners Eksistens. Det Begreb, vi kalder Synd, lader den øvrige Natur derimod ikke til at kende eller i hvert Fald ikke til at respektere. Saa man maa ikke vente at skulle kunne lære Moral af den.

End ikke blandt de Organismer, der i fremtrædende Grad praktiserer den gensidige Hjælp indenfor deres Samfund, hersker der stadig indbyrdes Fred. Men ogsaa her kan Kampen og Striden bryde løs, hvilket Øjeblik det skal være — ligesom selv det mest idylliske menneskelige Hjem ikke er garanteret imod, at Ufreden en skønne Dag indfinder sig.

Saa længe det ene Individ ikke træder det andet for nær, kan Freden vare, men sker dette, eller bliver der Konkurrence om et fælles nødvendigt Livsgode, kan saavel de rolige Planter som de mere let bevægelige Dyr gribe til Vaabnene og indlede Kampen, der saa ofte kommer til at staa paa Liv og Død.

Selv hvor to Individer uimodstaaeligt drages mod hinanden af den stærkeste Drift, den levende Natur kender, Forplantningsdriften, sker dette ikke altid uden Kampe, der endogsaa i visse Tilfælde kan medføre den ene Parts Død. Det synes da heller ikke altid just at være Ondskab eller slette Instinkter, der er Aarsag til Kamp. Det er tværtimod oftere saadanne uimodstaaelige, for Livets fortsatte Bestaaen nødvendige, Kræfter som Selvopholdelses- og Forplantningsdriften, der er Skyld deri.

Sætningen om »Kampen af alle mod alle« blev — for Menneskesamfundenes Vedkommende — allerede proklameret af den

engelske Filosof THOMAS HOBBES (1588—1679) og senere nærmere begrundet af hans Landsmand, Præsten og Nationaløkonomen MALTHUS (1766—1834), der ud fra den Beregning, at Næringsmidlerne kun tiltager efter en aritmetisk Progression (2, 4, 6, 8 etc.), medens Mennesket formerer sig efter en geometrisk Progression (2, 4, 8, 16 etc.), og at det kun var de stærkeste Individer, der blev i Stand til at tilkæmpe sig den for dem nødvendige Næringsmængde, kom til den Slutning, at Kampen da blev den naturnødvendige Regulator for Menneskenes virkelige Tilvækst i Antal. Som bekendt var det denne Tanke, som DARWIN greb til for at forklare Udviklingsretningen indenfor Plante- og Dyresamfundene, hvor han saa skarpt havde faaet Øjet op for den virkelig eksisterende Kamp saavel imellem Individer hørende til samme Art som mellem de forskellige Arter, der har nogenlunde samme Livsfornødenheder. Og da alle andre derefter ogsaa kunde se denne Kamp, og talrige af hans ansete Tilhængere som WALLACE, HUXLEY, HÄCKEL m. fl. tillagde den en alt overvældende Betydning som Faktor i det organiske Livs Udvikling, var det intet Under, at man en Tid kom til at overvurdere dette Moment og let oversaa, hvilken mægtig Rolle tillige den gensidige Hjælp og Sympatien mellem forskellige levende Væsener spiller under Livets Udfoldelse og fremadskridende Udvikling. Naar man nu i vore Dage er tilbøjelig til at lægge nok saa stor Vægt herpaa og til at stille Kampen som Udviklingsfaktor noget i Baggrunden, skyldes dette sikkert i fremtrædende Grad bl. a. den russiske Naturforsker og Socialøkonom PETER KROPOTKIN, der har fremhævet Sætningen om »den gensidige Hjælp« som en almindelig biologisk Lov.

Parringskampe. Der er noget forunderligt i, at den Forbindelse mellem to Individer af forskelligt Køn, til hvilken der er knyttet de allerdybeste Følelser af gensidig Sympati og Kærlighed, ogsaa indeholder et ganske modsat, aggressivt, Moment, der endog kan udarte til et regulært og fjendtligsindet Kampforhold. Og dette maa bunde dybt i de levende Væseners Natur, ti det findes allerede i Forholdet mellem de Kønsceller, Ægget og Sædcellen, hvoraf Individet opstaar.

Overalt baade i Plante- og Dyreriget er den hanlige Kønscelle den aktive, den hunlige den mere passive, og Foreningen mellem disse, der er saa inderlig, at de ganske smelter sammen, har dog

fra første Færd Præget af en Erobring. I Regelen konkurrerer flere Sædceller om et enkelt Æg, men kun en af dem bliver den lykkelige, der faar Lov at trænge ind i og forene sig med Ægcellen, medens alle de andre holdes ude og gaar til Grunde. Men det er paa den anden Side ikke med den første den bedste Sædcelle, Ægget forener sig. Det synes at stille visse Fordringer til Kvaliteten, først og fremmest denne, at Sædcellen stammer fra en meget nærstaaende Organisme, i Regelen hørende til samme Art som den selv, og dernæst sandsynligvis, at den ogsaa er i Besiddelse af visse andre, hidtil ukendte Egenskaber (en vis Livsenergi o. lign.).

Da Kønscellernes Forening indenfor Dyreriget i de allerfleste Tilfælde er betinget af en Parringsakt mellem de to Individer, Hannen og Hunnen[1]), der producerer dem, maa i hvert Fald den ene Part ogsaa her søge den anden. Og som ved Kønscellerne er det den hanlige Part, der er den aktive, og som ved et eller andet Middel maa erobre den hunlige. Som oftest — ogsaa i Tilfælde af Polygami — er der flere Hanner, som bejler til samme Hun, og den, der bliver den begunstigede, er en saadan, som sejrer i Kampen enten mod de andre ved rent fysiske Kræfter, eller derved, at den paa Grund af sin Skønhed, sit »indsmigrende« Væsen, eventuelt (som hos Fuglene) ved sin Sang o. l. Egenskaber foretrækkes for de andre af Hunnen.

Der kan altsaa blive Tale baade om en Kamp mod Medbejlerne og med den Hun, der skal erobres, og det er ikke altid, at Kampen er forbi, naar de første er overvundne, ja end ikke, naar ogsaa Hunnen er besejret, ti ofte kan Kampen vedblive at rase under selve Parringsakten eller umiddelbart efter denne, saaledes som henholdsvis Katten og visse Edderkopper afgiver slaaende Eksempler paa. Hos de sidste er (undtagelsesvis) Hunnerne gerne Hannerne langt overlegne i Styrke, og deres Sindelag er dertil saa lunefuldt, at det godt kan falde dem ind umiddelbart efter Parringen at dræbe deres Mage, hvis denne ikke hurtigt nok flygter bort fra det elskede Væsen.

I Overensstemmelse med, at det er Hannerne, som indleder Parringskampene og i det hele taget er den aggressive Part, er de almindeligvis ogsaa langt kraftigere end Hunnerne eller udstyrede med særlige Vaaben, Prydelser o. l., som disse mangler. De For-

[1]) Selv tvekønnede, hermafroditiske, Dyr parrer sig næsten altid.

skelligheder i det Ydre, der saaledes adskiller de to Køn, kaldes de sekundære Kønskarakterer, og disse tjener enten som Vaaben til at føre Kampene mod andre Hanner eller som Midler til at vinde Hunnernes Gunst.

Baade hos lavere Dyr som Krebsdyr, Insekter, Firben, Krokodiler og hos højere som Fugle og Pattedyr, navnlig saadanne, der lever i Polygami, kan man iagttage de indbyrdes Kampe mellem Hannerne. Og naar disse da er udstyrede med Vaaben som Horn og Takker (hos Hovdyrene), Hugtænder (hos Svinene), Sporer (hos Hønsefuglene) o. l., bliver der ogsaa gjort flittig Brug deraf.

Ved Siden af disse Vaaben er mange Hanner ofte tillige udstyrede med særlige Prydelser og andre Kvalifikationer, der nærmest maa være beregnede paa at tiltrække Hunnernes Opmærksomhed: Løven med Manke, Hanen med en stor Kam, oprejste Halefjer og smukke Farver, Salamanderhannen med Kam, Eghjorten med dens lange Bideredskaber, hos mange Fugle, Fiske og Insekter med rig Farvepragt, Moskusokser og -hjorte, Bæveren, mange Rovdyr, Krokodiler, Sommerfugle m. fl. med en særlig for Hunnerne aabenbart behagelig Duft, de fleste Pattedyr og Fugle, en Del Krybdyr, Padder og Insekter med særegne Stemmemidler osv., som altsammen først og fremmest staar i Forplantningens Tjeneste og derfor undertiden ogsaa kun anvendes i selve Parringstiden.

Kampe om Næring, Plads og Lys. Disse for Organismerne saa nødvendige Livsbetingelser findes jo altid kun i mere eller mindre begrænsede Mængder paa vor Klode. Og i Kraft af den før nævnte, teoretisk set ubegrænsede, Formeringsevne, som alle levende Væsener er i Besiddelse af, maa der nødvendigvis blive Konkurrence og Kamp om disse Livsfornødenheder.

I Almindelighed maa denne Kamp blive des heftigere, jo nærmere Organismerne staar hinanden i Henseende til Livskrav, og jo mindre de er i Stand til ved selvstændige Bevægelser at skifte Opholdssted. Derfor er der heller intet Sted, hvor den raser saa voldsomt som mellem de Planter, der søger Næring og Plads paa den samme Jordbund, og for hvilke det tillige gælder at udnytte al den Lysmængde, der falder paa en given Overflade. Og tager man i Betragtning, at hver udyrket eller ubenyttet Plet af Jorden jo hurtigst mulig bliver bevokset med saa mange Planter, som

den kan rumme eller ernære, vil man forstaa, hvor ringe Udsigt der er for det talrige Afkom, som de samme Planter frembringer, til en fortsat Eksistens. Kun for hvert Individ, der dør, bliver der Plads for ét nyt, og af de utallige Frø, der spirer Aar ud og Aar ind, er det altsaa i Almindelighed kun et aldeles forsvindende Antal, der kommer til fuld Udvikling. At det meget ofte netop er Plads- eller Lysmangel, der faar Planterne til at gaa til Grunde, kan man iagttage i enhver Skov eller Have.

Da Kampen bliver haardest mellem Planter, der hører til samme Art, er rene Bevoksninger (som en Kornmark) paa et til sig selv overladt Stykke Jord langt sjældnere end blandede. I disse sidste trives bedre Side om Side saadanne Plantearter, der stiller noget forskellige Fordringer i Henseende til Mængden af de enkelte i Jordbunden forekommende Næringsstoffer og af Lys, idet f. Eks. nogle Planter trives bedst i den Skygge, som andre giver. Men selvfølgelig foregaar der ogsaa i saadanne blandede Bevoksninger bestandige Kampe og deraf følgende Forskydninger i det indbyrdes Forhold mellem Plantearterne. Bøgens Fortrængen af Egen i vore Skove og Lynghedens Indvandring, hvor Skoven af forskellige Grunde er vigende, er saa talende Vidnesbyrd om Kampen mellem Planterne, at ingen kan være i Tvivl om, at en saadan virkelig finder Sted. Og endnu tydeligere bliver dette Billede, hvor en dyrket Jord overlades til sig selv. De fordringsfulde og mere forkælede Kulturplanter vil da meget hurtigt blive fuldstændig fortrængte af vildt voksende Arter; saaledes vil det f. Eks. gaa selv saa haardføre Kornsorter som Rug og Hvede, der vel taaler vort Klimas Vinterkulde, men ikke kan undvære den Jordbearbejdning og Gødskning, som Landmanden ellers byder dem.

De Vaaben, med hvilke Planterne kæmper mod hinanden, vil være af noget forskellig Art. Selve Tilfældighederne, som hvem der kommer først, vil spille en stor Rolle for Kampens Udfald; men forøvrigt vil de Planter, der er bedst tilpassede til de herskende Livskaar, i Almindelighed have mest Udsigt til at sejre og indtage den disponible Plads. Og Planter, der som Bøgen kan vokse i Skyggen af andre Træer som Egen og Fyrren, medens disse ikke taaler Bøgens Skygge, vil heri have et kraftigt Vaaben i Kampen mod saadanne Modstandere. Den Hastighed, hvormed en Plante vokser, vil ligeledes ofte blive afgørende for, om den kan naa op over sine Naboer og tage Lyset fra dem.

Det er vistnok sjældnere, end man tidligere har antaget, at Dyrene direkte kæmper mod hinanden om Næring. Men indirekte føres denne Kamp jo overalt, hvor der ikke bliver nok til hvert især af de enkelte Individer. Og her bliver Kampen naturligvis ogsaa haardest mellem de Dyr, der søger samme Føde, først og fremmest altsaa mellem Individer indenfor samme Art. Derimod bliver der næppe saa ofte som mellem Planterne direkte Kamp om Plads og Adgangen til Lys, da disse Goder i Regelen vil være til Stede i forholdsvis langt større Mængder end Næringen, og Dyrene som oftest kan tilfredsstille deres Behov i saa Henseende ved at foretage Bevægelser fra Stedet. At der derimod ofte kan kæmpes om den bedste Plads, er en Sag for sig.

Rovdyr og deres Bytte. Det er ikke alene de Ordener blandt Pattedyr, Fugle o. a., der benævnes Rovdyr, Rovfugle o. l., men en overmaade stor Mængde andre Dyr, der dræber og fortærer deres Medskabninger indenfor Dyreriget, fordi disse sidste er en nødvendig Betingelse for de førstes Eksistens. Her føres der da en regulær Krig, under hvilken der ikke udvises nogensomhelst Skaansomhed, men alle de hæsligste Midler til at bemægtige sig et Bytte bringes i Anvendelse: List og Fælder, utrættelig Forfølgelse, brutale Overfald, Lammelser ved Gifte eller anden Beskadigelse af Nervesystemet osv.; og naar Byttet endelig er indfanget, leges der ofte med det, eller det sønderflænges og dræbes ved en langsommelig og pinefuld Død, inden det fortæres. Intet Under derfor, at der blandt de forfulgte Dyr kan herske Rædsel og Skræk for Forfølgerne, og at en Mængde forskellige Midler bringes i Anvendelse for at undgaa eller forsvare sig imod disse.

Mange Byttedyr er saa vel rustede mod Rovdyrenes Angreb, at disse først kan faa Bugt med dem efter en haard Kamp, og tit maa flere Rovdyr angribe i Fællesskab for at overvinde et enkelt Byttedyr (Ulve mod større Hovdyr). Ligesaa ofte er et effektivt Forsvar kun muligt, naar Byttedyrene slutter sig sammen (se S. 281), og deres Had til Fjenden kan da blive saa stort, at de ogsaa gaar over til Angreb (Sangfugle mod Rovfugle).

Som Midler til at undgaa Efterstræbelse tjener hyppigt Flugt og Skjul, og det sidste opnaaes igen ad mange forskellige Veje: ved at trænge ind i Smuthuller, hvor Rovdyret ikke kan følge efter, ved, som mange Bløddyr, Orme, Insektlarver o. a., at omgive sig med Skaller og Hylstre, som modstaar Angrebsvaabnene,

ved at antage Farver og Former, saa de ligner eller vanskeligt kan skelnes fra deres Omgivelser (Havets vandklare Dyr, Polardyrenes hvide Pels, Ørkendyrenes graalige Farve, de S. 299 nævnte Formtilpasninger) eller ved i deres Ydre at efterligne saadanne Dyr, som Rovdyrene ikke ynder eller tør binde an med (Mimikry, se S. 299), ved som Blæksprutterne at udstøde en ætsende, ofte farvet, Vædske, der gør det omgivende Vand uigennemsigtigt, osv.

Men kan Byttedyrene ikke bjerge sig ved Flugt eller Skjul, tager de ogsaa ofte Kampen op ved dertil egnede Forsvarsmidler, der enten kan være af en mere passiv Art, som naar Pindsvinet ruller sig sammen, naar Bløddyr trækker sig ind i deres Skaller, naar Insekter og Padder udskiller Stoffer, der smager og stinker saa ilde, at de betager Rovdyret Appetiten, naar de udstøder Brøl eller indtager Stillinger, der skal forskrække, osv., eller ogsaa være virkelige Angrebsvaaben, med hvilke de kan tilføje deres Forfølgere følelige Saar og anden Fortræd. Hovdyrene kæmper saaledes med deres Horn, Takker eller kraftige Lemmer (Sparken og Trampen) mod de Rovdyr, der angriber dem, mange Gnavere og Biller bider fra sig, Fiske, Bier og Hvepse stikker med deres Giftbrod, elektriske Aal og Rokker forsvarer sig ved særlige elektriske Apparater, Polypdyr ved deres Neldekapsler osv.

Men i Regelen er jo rigtignok Rovdyrene udstyrede med endnu frygteligere Vaaben, saa Kampen dog i de fleste Tilfælde ender med Nederlag og Død for Byttedyrene. De første udmærker sig saaledes ved deres hurtige Bevægelser, deres skarpe Syn, Hørelse og Lugtesans, deres Klogskab og Mod; og naar de dertil er udrustede med overlegen Styrke, med frygtelige Rovtænder, med Giftvaaben og lignende Mordapparater, saa forstaar man, at Situationen som oftest er haabløs for de stakkels Dyr, der indhentes eller overraskes af en saadan Fjende.

Det er denne Kamp mellem Rovdyrene og deres Bytte, der af de forskellige Kampforhold mellem Organismer gør størst Indtryk paa os, fordi vi umiddelbart føler med de ulykkelige Ofre, og ikke mindst, fordi vi selv undertiden er udsatte for at blive Ofrene. Derimod gør Menneskene sig det i Almindelighed ikke klart, at de selv optræder som de allerfarligste Rovdyr, ikke alene for at skaffe sig dyrisk Føde — hvad der under visse Forhold kan være en bydende Nødvendighed for dem —, men ogsaa ofte af rent sportslig Interesse (som Jagt), af

blind Udryddelsesdrift o. l. mindre skønne Motiver. Naar der derfor tales om Kampen i Naturen, bør man ikke skjule, i hvor høj Grad Menneskene bidrager til at holde denne vedlige, ogsaa udenfor deres egne Samfund. Og det er da heller ikke uden Grund, at de fleste Dyr instinktmæssigt flygter for Mennesket, fordi de i det ser en af deres allerværste Fjender. —

Men forøvrigt raser Kampen lige saa heftigt mellem mange andre Organismer som mellem de her nævnte, uden at ens Medfølelse eller blot Forestillingen om Ufred vækkes derved. Hvor mange tænker vel paa, at naar den dumme, skikkelige Ko »græsser fredeligt paa Engen«, ikke blot sønderlemmer den ved sit Bid de mange Planter, hvoraf den lever, men den hindrer dem i at sætte Frø eller tilintetgør i Hobetal det Afkom, de har frembragt som Frø og Kimplanter. Der behøves ikke noget stort Spring i Tanken for at komme til Erkendelse heraf, og en nærmere Dokumentering er ganske overflødig; men dog skal der siges et Par Ord om denne Kamp.

Kampe mellem Dyr og Planter. Det er nemlig ikke altid saadan, at Planten overgiver sig paa Naade og Unaade eller staar ganske værgeløs overfor Dyrenes Angreb. Tværtimod er mange Planter udstyrede med fortræffelige Forsvarsmidler, der kan komme dem til Nytte, og i enkelte Tilfælde gaar de endogsaa over til Offensiven og gør Dyr til deres Bytte.

1. Planteædende Dyr. Da Dyrene ikke, som de grønne Planter, selv kan danne organisk Stof af uorganisk Materiale, er de alle henviste til, direkte eller indirekte (som de kødædende Dyr), at leve af, hvad Planteverdenen frembringer. Men de nøjes i Regelen ikke med, hvad Planterne afkaster som døde Organer (Blade, Grene og Rødder), eller hvad de efterlader ved deres Død, men de foretrækker næsten alle levende Plantedele og søger med Forkærlighed Formeringsorganer som Frugter, Frø, opsvulmede Rødder, Stængler og Blade, i hvilke Planten har aflejret store Mængder af Næringsstoffer, beregnede for dens unge Afkoms Ernæring i dets første Levetid. En formildende Omstændighed ved denne Planteudryddelse er det blot, at de allerfleste af paagældende Frø og andre Forplantningsorganer sædvanligvis dog kun havde en meget ringe Udsigt til at faa Lov til at udvikle sig og leve videre, fordi der blot er Plads og Næring til et ganske forsvindende Antal af dem, der aarligt frembringes (se S. 304), og fordi de ogsaa

let af andre Aarsager (af Mangel paa passende Varme, Fugtighed, Lys o. l.) vilde gaa til Grunde ude i Naturen.

Det er ikke just de store græs- og bladædende Hovdyr, der er de værste Fjender af Planterne. Ti de lever hovedsageligt af saadanne Planter, der kan taale at blive afbidte, og som fra deres i Jordskorpen hvilende Skud eller fra Knopper igen vokser videre uden at have taget synderlig Skade af Biddet. Langt farligere er ofte smaa Dyr som Insektlarver, Snegle, Orme o. l., der enten totalt afløver Træer og Buske eller angriber Urterne paa deres mest følsomme Steder, i Vækstpunkterne eller ved Overgnavning af Rødderne o. l., hvorfra den fortsatte Vækst eller Uddannelsen af nye Organer foregaar, eller hvor aldeles nødvendige Ernæringsprocesser finder Sted. Det er derfor navnlig blandt de smaa Dyr, at vi skal søge Planteverdenens farligste Skadedyr, og mod dem er de Forsvarsvaaben, som Planterne besidder mod højere Dyr, ogsaa tit ganske virkningsløse. Naar Nonnelarver har hærget en Naaleskov, Fritfluelarver en Havremark, Sneglene et Havebed, eller Kaalormene en Kaalmark, er Ødelæggelsen anderledes grundig, end hvor Faarene har græsset paa en Kornmark, eller Hestene har revet sig løse og gjort sig tilgode i den Kløver, der var beregnet paa at skulle afslaaes.

Sikkert nok vilde mange Planter staa Fare for at blive totalt udryddede i en Egn, hvis de ikke var i Besiddelse af visse Forsvarsmidler overfor Dyrene. Som saadanne kan tjene de haarde Skaller, der omgiver mange Frø og faar dem til at passere uskadte gennem Dyrenes Fordøjelseskanal, Korkdannelser, Forkalkning og Forkisling af Overhudens Cellevægge, Torne, Børster, Brændehaar (der kan indeholde en smertende Gift) o. l., som kan være uigennemtrængelige eller højst generende for mange Dyrs Tyggeredskaber og andre Munddele. Den stærke Duft af æteriske Oljer eller Svovlforbindelser, som Læbe- og Skærmblomstrede, Løgplanter og Korsblomstrede udsender, afskrækker mange Dyr fra at æde dem; og indeholder Planterne ildesmagende Bitterstoffer og Syrer, sammensnerpende Garvestoffer eller farlige Gifte som Alkaloider og Glykosider, vil Erfaringen hurtigt belære de herfor modtagelige Dyr om, at de skal holde sig borte fra den Slags Planter. Mellem Aar og Dag bukker mange Dyr og Mennesker under for saadanne ofte meget farlige Giftplanter (se S. 250). Undertiden beskytter Planterne sig mod mindre, krybende Dyr ved at udskille klæbrige Stoffer (Tjærenellike) eller i Bladhjørnerne at anlægge

hele Vandbeholdninger, som de smaa Fjender ikke kan komme over (Kartebolle). Men i Regelen er det dog saa, at det kun er visse Dyr, overfor hvilke disse Forsvarsmidler er effektive, medens andre ikke respekterer dem. Og samme Plante har for det meste flere Fjender blandt Dyrearterne.

2. Kødædende Planter. Hvor mærkeligt det end lyder, findes der ogsaa Planter, der anvender Kød som Næring, og for

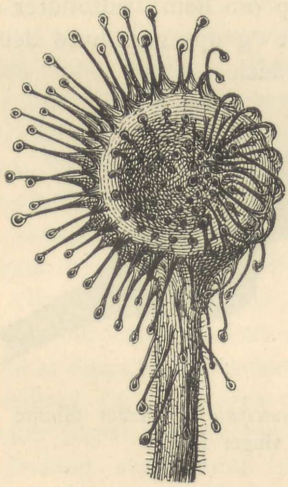


Fig. 102. Blad af Rundbladet Soldug *(Drosera rotundifolia)* med Kirtelhaar, der paa den ene Side er pirrede og derfor bøjer sig indad.



Fig. 103. Almindelig Vibefedt *(Pinguicula vulgaris)*, hvis Blade ruller sig op om og fordøjer Smaadyr, der bliver hængende fast paa deres klæbrige Overflade.

at skaffe sig denne indfanger, dræber og fordøjer de mindre Dyr. Da det hovedsagelig bliver smaa Insekter, der tjener som Bytte for dem, har man ogsaa kaldt dem insektædende Planter. Af saadanne findes der ikke saa ganske faa Arter, af hvilke en Del ogsaa hører hjemme i vor Flora. Saaledes den i vore Moser og paa Hederne saa almindelige, lille, smukke Soldug *(Drosera)*, der endog optræder hos os i 3 forskellige Arter. Dens Blade er besatte med store, følsomme Haar, der fra et Hovede udskiller en

klæbrig Slim, i hvilken smaa Insekter let bliver hængende fast. Ved den derved fremkaldte Berøring bøjer Haarene paa et Blad sig alle henover den lille Fange, hvem det nu bliver ganske umuligt at undslippe, og fra Haarene udskilles derefter en Fordøjelsesvæske (Tryptase), der opløser Dyrets Æggehvidestoffer og bringer dem i en saadan Tilstand, at de kan opsuges af de samme Haar og tjene Planten som en værdifuld kvælstofholdig Næring.

I Moser og paa fugtige Enge forekommer ret almindeligt den smukke lille Vibefedt *(Pinguicula)*, hvis rosetstillede Blade paa Oversiden er besatte med smaa Kirtelhaar, der udsondrer en klæbrig Væske. Og naar intet anende Smaadyr bliver hængende fast i denne, ruller hele Bladet sig op om dem, udsondrer nu ligeledes en æggehvidestofopløsende Saft og opsuger, hvad denne har bragt i Opløsning af Dyrets Bestanddele.

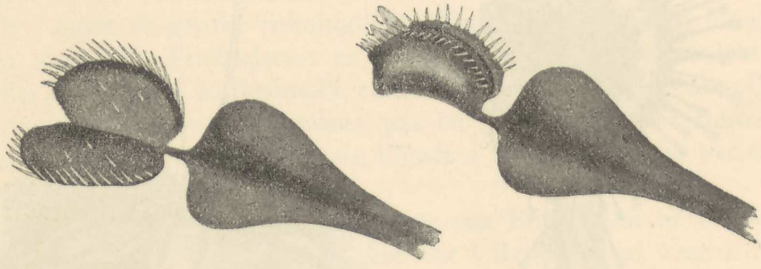


Fig. 104. Blade af Fluefangeren *(Dionæa muscipula)*. Bladet tilhøjre har klappet sammen om et lille vinget Insekt.

Til samme Familje (Blærerodsfamiljen) som foregaaende hører endelig en tredje dansk Plante Blærerod *(Utricularia)* med flere Arter, som man kan træffe flydende i Vandet i Tørvegrave og Grøfter. Til Trods for sit Navn har denne Plante egentlig ingen Rod, men dens findelte Blade fungerer som dens eneste Ernæringsorganer, og paa disse er nogle af Fligene omdannede til smaa Blærer, der er indrettede som en Musefælde med en Klap, der kun aabner sig indad. I disse fanges smaa Vanddyr, der da ikke kan komme ud igen. Og naar de ynkeligt er omkomne, fordøjer og opsuger den grumme Plante deres afsjælede Legemes nærende Bestanddele.

I andre Lande, navnlig i Troperne, findes der flere andre saadanne Planter. Bekendte er saaledes den amerikanske Fluefanger *(Dionæa muscipula)*, der hører til Soldugfamiljen, og hvis i to

klapformige Halvdele udformede Blad bærer seks meget følsomme Børster, der ved Berøring med et lille Dyr i Løbet af nogle faa Sekunder faar Bladet til at klappe sammen. Dette er desuden i Randen forsynet med andre Børster, der griber fingerformigt ind i hverandre og forhindrer Dyret i at undslippe. Og fra talrig smaa Kirtler paa Bladets Overside udsondres her ligeledes en Fordøjelsessaft, der af Insektet tilbereder en for Planten nyttig Næring. Naar denne efter 6—8 Dages Forløb er opsuget, foldes Bladet ud paa ny og er da rede til at gøre friskt Bytte.

Karakteristisk for alle disse Planter er, at Fordøjelsesvirksomheden kun træder i Funktion, naar det virkelig er æggehvidestofholdigt Bytte, der gøres. Og smaa Stykker Kød eller kogt Hønseæggehvide virker da ogsaa paa samme Maade som hele Dyr. Lægges derimod kvælstoffrie Stoffer eller rent uorganiske Smaadele paa Bladene, kan disse vel pirres til at foretage Bevægelser, men de aabner sig snart igen og udsondrer ingen Fordøjelsesvæske.

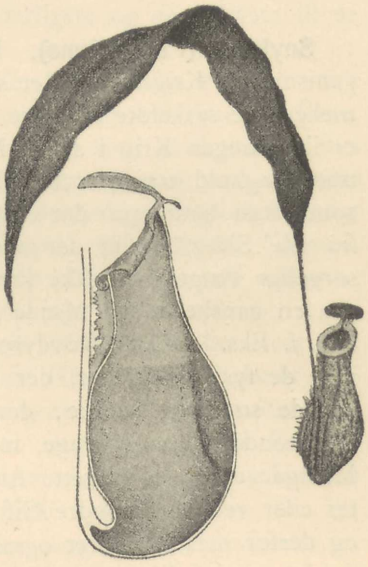


Fig. 105. Blad af Kandebæreren *(Nepenthes coccinea)*. Tilvenstre den med en æggehvidestoffordøjende Vædske mere end halvt fyldte Kande.

Endelig skal endnu nævnes den i Troperne vidt udbredte, i mange Arter forekommende Kandebærer *(Nepenthes)*, der fanger Dyr paa en noget anden Maade. Det yderste Parti af dens Blade er uddannet til en ofte meget stor Beholder, der som en Kande er forsynet med et Laag, hvis øverste Rand er meget glat. Under denne findes en spejlblank Indervæg, fra hvilken der udsondres en Honning, som mange Insekter sætter megen Pris paa. Men vover de sig ned over Randen, glider de meget let, og falder derefter ned i Kanden, der er ca. halvt fyldt med Vædske, hvori de da drukner. Ti ved nedadrettede Haar paa Kandens Indervæg hindres de i at krybe op igen. Og er de først indfangede af Væsken, paavirkes de ogsaa her af en Fordøjelsessaft, og de kvæl-

stofholdige Næringsstoffer, de afgiver til denne, opsuges derefter af Planten.

For al den Fortræd, Dyrene gør Planterne, øver disse kødædende Planter da en ringe, men vel berettiget, Gengæld. Men der er rigtignok andre, der tager en anderledes blodig Hævn. Og det er endda Planterigets allermindste Repræsentanter (Bakterierne), der hører til de højere Dyrs allerfarligste Fjender, naar de som Snyltere paafører dem dødelige Sygdomme.

Snylteliv (Parasitisme). Et af de uhyggeligste Kapitler i Organismernes Krigshistorie er sikkert det, der handler om Kampene mellem de saakaldte Snyltere, Parasiter, og deres Værter. Ti dette er ikke nogen Krig i aaben Mark, men ved List og fra de skjulteste Baghold trænger Angriberen ind paa sin Modstander, der som oftest først, naar det er for sent, opdager, at han er omringet fra alle Sider, og at der allerede da er tilføjet ham Saar, hvis sørgelige Følger han ikke kan afværge. Her kæmpes der nemlig paa en ganske anden Maade og med en helt anden Slags Vaaben end f. Eks. mellem Rovdyrene og deres Bytte. Ti det er slet ikke de fysiske Kræfter, der bliver de afgørende. Tværtimod er det de store og stærke, der maa bukke under for de i fysisk Henseende smaa og svage, men disse overvælder enten ved deres Mængde eller ved at rette Angrebet paa særlige, følsomme Punkter eller ved at udsondre Gifte, som fremkalder Sygdomme, o. l.; og derfor maa Forsvaret ogsaa — hvis det overhovedet er muligt — føres med tilsvarende Vaaben.

Der eksisterer saa mange forskellige Slags Snyltere, der hver især virker paa deres Vis, og det er ikke altid let at udrede Forholdet mellem disse og deres Værter. Men et fælles Træk kan genfindes hos dem alle, nemlig det, hvormed man kort og godt definerer en Snylter i biologisk Forstand: at det er en Organisme, som lever paa eller i en anden og paa Bekostning af dennes Legeme uden at yde sin Vært nogen Gentjeneste herfor.

Dog er der flere Grader af Snylteliv. Saaledes findes der mange Organismer, der kun er lejlighedsvise (fakultative) Snyltere, der meget vel kan ernære sig paa anden Maade, men gerne benytter en gunstig Lejlighed til at leve paa andres Bekostning. Der findes ogsaa midlertidige (temporære) Snyltere, der kun tilbringer en Del af deres Liv som saadanne, men

i den øvrige lever frit. Og der er endelig de stadige (stationære) eller tvungne (obligate) Snyltere, der slet ikke kan trives paa egen Haand, men hvis fortsatte Eksistens er afhængig af, at de finder en passende Vært at snylte i. Og ligeledes er der alle mulige Grader i den Fortræd, Snylteren tilføjer sin Vært, fra den harmløse Uskadelighed til de farligste, dødbringende Virkninger. Men denne Skala falder ingenlunde sammen med den foregaaende. Tværtimod kan de fakultative Snyltere høre til de allerfarligste og de obligate til de mest uskadelige.

Det er naturligvis en overmaade bekvem Levevis at være Snylter, idet den ikke alene skaffer rigelig og vel tilberedt Føde, men ogsaa byder mange andre Fordele, som Beskyttelse, hos varmblodige Dyr en konstant Legemstemperatur, m. m. Og det er da ogsaa forbavsende, hvor mange forskellige Organismer der er slaaede ind paa denne Vej. De første, oprindeligste, Organismer kan selvfølgelig ikke have været Snyltere, men saadanne synes meget tidligt at være optraadte, og det er tydeligt at se, hvorledes mange oprindelig fritlevende Organismer har slaaet sig paa Snyltelivet og derved i væsentlige Henseender er komne til at afvige baade morfologisk og fysiologisk fra deres Stammefrænder. Denne magelige Tilværelse har nemlig paa flere Punkter ført til en Degeneration eller en fuldstændig Omformning fra den oprindelige Type, samtidig med at helt nye Karakterer, der har vist sig særlig formaalstjenlige for den paagældende Livsførelse, er opstaaede, hvad enten dette nu er sket ved en langsom, gradvis Erhvervelse, ved Opvaagnen af slumrende Anlæg eller ved en Nydannelse, Mutation (se senere under Arvelighedslæren). Derfor er Snylterne som oftest ogsaa ret hjælpeløse udenfor deres Værts Legeme, og en Mængde gaar til Grunde, fordi de ikke finder en passende Vært. Da de alle før eller senere, ved dennes Død eller for at opnaa fuld Udvikling, maa skifte Opholdssted, bliver de enkelte Arters fortsatte Bestaaen for en meget væsentlig Del kun mulig paa Grund af deres i Almindelighed overordentlig rige Formeringsevne. De fleste Snyltesvampe og Indvoldsorme frembringer saaledes Sporer og Æg i Tusind-, ja i Millionvis, og Bakteriernes Formeringsevne ved Deling foregaar under gunstige Livskaar med en saa fænomenal Hastighed, at der f. Eks. af en enkelt Bakteriecelle i Løbet af et Døgn kan opstaa 281 Billioner nye Individer, hvis Delingen — hvad der ikke er usædvanligt —

indtræder hver halve Time. Ved denne massevise Optræden af Snyltekimene bliver det saa meget vanskeligere for Værterne at værge sig imod dem, og der vil være saa meget større Chancer for, at det dog lykkes et eller nogle faa Individer af den talrige Yngel at opnaa Betingelserne for deres videre Udvikling.

Snyltelivet er rigt repræsenteret baade indenfor Plante- og Dyreverdenen, men der er dog visse Grupper af disse, der i særlig Grad leverer Kontingent hertil. I en vis Forstand er egentlig næsten alle Organismer fra Begyndelsen af Snyltere. Den i Plantefrø hvilende Kimplante og Fosteret i Moders Liv lever jo paa Bekostning af, d. v. s. snylter paa, Moderorganismen, saa længe de er i organisk Forbindelse med denne. Men hvis de ogsaa senere, efter Frigørelsen herfra, fortsætter deres snyltende Tilværelse, foregaar dette rigtignok paa Individer, der hører til andre Arter end de selv.

Til Belysning af væsentlige Sider ved Snyltelivet skal der nu nævnes nogle Eksempler paa Snyltere og deres Værter og søges udredet Forholdet imellem disse i dets store Almindelighed. Nærmere Oplysninger herom maa derimod søges i botaniske, zoologiske og patologiske Værker.

1. Snylteplanter. De Grupper af Planteriget, der omfatter det største Antal Snyltere, er Bakterierne og Svampene, men ogsaa blandt Blomsterplanterne kan man træffe en Del saadanne. Derimod findes der kun ganske enkelte snyltende Alger, og Mosserne og Karkryptogamerne rummer næppe nogen ægte Snylter.

Af Bakterierne er mange kun lejlighedsvise Snyltere, der normalt lever som Raadplanter (Saprofyter) af livløse organiske Stoffer og kun undertiden forgriber sig paa de levende Celler, navnlig naar disse af en eller anden Grund er svækkede saaledes, at Bakterierne kan faa Bugt med dem, eller de tilfældigvis indføres i den levende Organismes Væv. Kun i uegentlig Forstand kan man betegne saadanne Bakterier som Snyltere, der til Stadighed opholder sig i f. Eks. Menneskets Mundhule og Fordøjelseskanal, hvor de dels lever af de Næringsstoffer, som dette har optaget udefra, dels af de Sekreter, som Slimhinder og Kirtler udskiller. Men blandt disse sædvanligvis uskadelige eller i visse Tilfælde endogsaa gavnlige Gæster kan der dog findes enkelte (Staphylokokker, Streptokokker, Colibakterier o. a.), der under Svækkelsestilstande, eller naar Organismen er bleven saaret eller angrebet af en anden farlig Parasit, kan gaa over til direkte

Angreb paa de levende Celler og ved nu at udskille yderst farlige Gifte (Toksiner, se S. 253, 260 og 264) fremkalde de alvorligste Betændelser. Miltbrand og Stivkrampebakterier lever paa flere Steder ogsaa frit ude i Naturen — den sidste skal endogsaa være meget almindelig udbredt i Jorden —, men hvis de faar Lejlighed til at trænge ind i visse varmblodige Dyrs levende Cellevæv, kan de her fremkalde de bekendte farlige Sygdomme, efter hvilke de benævnes. Ogsaa Tyfus- og Kolerabakterier kan — i hvert Fald i nogen Tid — holde sig i Live og sandsynligvis ogsaa formere sig i urent Vand, i Mælk o. l. og derfra overføres til Mennesker, i hvilke de da giver sig til at snylte og fremkalder Sygdomme. Med Fødemidler, som Mælk, kan forøvrigt flere andre udpræget snyltende Bakterier, som Tuberkel- og Difteribakterierne, ogsaa brede sig fra en Organisme til en anden.

Andre Bakterier er derimod saa udprægede (obligate) Snyltere, at de trives kun i den levende Organisme og, saa snart de er udenfor denne, i det højeste opretholder Livet i en ganske dvaleagtig Tilstand. Dette gælder navnlig saadanne Former, der snylter hos varmblodige Dyr og derfor har tilpasset sig saaledes til disses Legemstemperatur, at de kun vokser ved Varmegrader, der ligger meget nær denne. Som oftest udbreder de sig da, ved direkte Smitte, fra den ene Vært til den anden og fordrer hertil en legemlig Berøring mellem disse, saaledes Gonokokker, Spedalskhedsbakterier, den formodede Koppebakterie[1]) o. a. De udbreder sig derfor ikke med Luften, Vandet eller Fødemidlerne, men kunde dog muligvis nok gøre dette under ganske særegne Betingelser, der i Almindelighed ikke forefindes i Naturen; nogle af dem lader sig nemlig ved Kunst dyrke paa livløst Næringssubstrat udenfor den levende Organisme.

Medens det er Bakterier, der ved deres Snylteliv fremkalder nogle af de farligste Sygdomme hos Dyr, har Snyltesvampene med Forkærlighed kastet sig over deres højere Medskabninger indenfor Planteriget, der i ikke mindre Grad end Dyreriget er hjemsøgt af smitsomme Sygdomme. Indenfor næsten alle Grupper af Svampene findes der snyltende Former af alle

---

[1]) For en Del smitsomme Sygdommes Vedkommende som Kopper, Skarlagensfeber, Mæslinger, Hundegalskab o. a. har man ikke sikkert paavist nogen Snylter, men man formoder, at det maa være Bakterier eller bakterielignende, meget smaa Væsener, som foraarsager dem.

Gradationer, fra næsten udskadelige til hurtigt dræbende, saavel som fakultative, temporære og obligate Snyltere. Her skal kun nævnes som Eksempler saadanne velkendte Grupper som Bladskimmel-, Brand-, Rust-, Pore-, Meldug-, Bægersvampe m. fl., der hører til Kultur- og Ukrudtsplanternes farligste Fjender. Men nogle fremkalder ogsaa alvorlige Sygdomme hos Dyr. Saaledes skyldes mange haardnakkede Ekzemer o. a. Hudsygdomme Svampe, hvis Natur man iøvrigt ikke kender meget til; det er en Skimmelsvamp, som fremkalder Trøske paa Mundslimhinderne af Børn, og andre, som Flueskimlen og nærstaaende Arter, er dødbringende for forskellige Insekter. Visse Vandsvampe (Saprolegniaceer) angriber Vanddyr, blandt hvilke de ofte kan foraarsage store Ødelæggelser (»Fiskepest«, »Krebspest«); enkelte Gærsvampe kan fremkalde Svulster, og man var en Tid tilbøjelig til at antage, at den frygtede Kræftsygdom skyldtes Gærsvampe (hvad man dog nu ikke længere almindeligt mener); de Bakterierne nærstaaende Straalesvampe *(Actinomyces)* foraarsager livsfarlige Sygdomme hos Kvæget og hos Mennesker, idet de undertiden gennemvokser det hele Legeme eller ødelægger bestemte, meget vigtige Organer i dette.

Endelig er nogle snyltende Blomsterplanter ikke ganske ufarlige for deres Værter. Mindst skadelig er vel en Plante som Misteltenen, der borer sine Rødder ned i forskellige Træers Grene (se Fig. 65, S. 75) og derfra henter sig sine nødvendige mineralske Næringsstoffer og Vand. Men da den selv er grøn, kan den skaffe sig al sin Kulstofnæring ved Kulsyreassimilation og i visse Tilfælde endog aflevere noget heraf til Værtplanten. Paa lignende Maade forholder sig en Del af de Maskeblomstrede, der ogsaa er grønne, men med deres Rødder snylter paa andre Planters Rødder for derfra at skaffe sig Kvælstofnæring. Disse Planter er altsaa kun delvise Snyltere eller Halvsnyltere, men der findes en Del helt bladgrøntfrie Blomsterplanter, som Skælrod, Gyvelkvæler, Silkearterne og de tropiske Balanophoraceer og Rafflesiaceer, der henter alle deres Næringsstoffer fra andre Planter og derfor er Helsnyltere, som ofte gør betydelig Skade paa deres Værtplanter. De fleste af dem er Rodsnyltere og dette endda i dobbelt Forstand, idet de saavel snylter ved Hjælp af deres egne som paa andre Planters Rødder; men nogle, som Silkearterne, har Sugevorter udviklede paa Stænglerne, og idet de slynger sig om andre Planters (Kløvers, Lucernes, Humles, Hørs

og Lyngplanters) Stængler, hæfter de sig fast til og udsuger disse. Medens Mangelen af Bladgrønt har medført en stærk Reduktion af Bladene til smaa gullige eller brunlige, skælformige Dannelser, er Blomsterne ofte store, hos Rafflesia endogsaa kæmpestore og stærkt (ilde) lugtende, saa de kan hidlokke de Insekter, der besørger deres Bestøvning. Og denne deres Blomsterbygning viser tydeligt deres Slægtskab med andre, ikke snyltende, grønne Planter.

2. Snyltedyr. Ogsaa i Dyreriget maa vi fortrinsvis søge Parasiterne blandt de lavesstaaende Former. Blandt de allerlaveste afgiver f. Eks. Amøber (Slimdyr), Flagellater og især Sporozoërne et betydeligt Kontingent, men særlig rige paa Snyltere er forøvrigt Ormene og Leddyrene (Krebsdyr, Mider, Insekter). I de andre lavere Dyregrupper, som Straaledyrene og Bløddyrene, forekommer kun ganske enkelte snyltende Former, men selv i en Række som Hvirveldyrene kan man blandt Fiske finde — i hvert Fald midlertidige — Snyltere.

Af de snyltende Urdyr (Protozoër) har de saakaldte Sporozoër (sporedannende Dyr) i de sidste Aar tiltrukket sig den største Opmærksomhed, fordi de er blevne erkendte som Aarsagen til overordentlig alvorlige smitsomme Sygdomme hos Dyr og Mennesker. De omfatter flere Underafdelinger, som Gregariner, Coccidier, Hæmosporidier, Sarkosporidier og Myxosporidier, paa hvis nærmere Karakteristik vi dog ikke her kan komme ind. De er alle ganske smaa, mikroskopiske Dyr. Gregarinerne, hvis Legeme er omgivet af en Hinde, forekommer overvejende i lavere Dyrs (Pighudes, Ormes, Leddyrs og Bløddyrs) Tarmkanal; de øvrige, der med Undtagelse af Sarkosporidierne, er nøgne, optræder mest hos højere Dyr (Hvirveldyr) i Blodet eller i forskellige Organer (Tarmkanal, Nyre, Kønsorganer, Muskler osv.), dog undertiden saaledes, at de, som Malariaparasiten, tilbringer en Tid af deres Liv i et lavere Dyr (se herom nedenfor under Værtskifte S. 319—20), i visse Tilfælde hele deres Liv i saadanne. Til Hæmosporidierne hører foruden Malariasnylteren *(Plasmodium malariæ)* ogsaa *Piroplasma bigeminum*, der foraarsager den frygtede Teksasfeber hos Kvæg.

Til en anden Gruppe af Protozoër, nemlig til Flagellaterne, regnes nu almindeligt de saakaldte Trypanosomer, der fremkalder en Række alvorlige Sygdomme hos Mennesker og Dyr, saaledes Sovesygen hos Negere i Afrika (fremkaldt af *Trypanosoma*

gambiense), samt »Nagana«, »Surra«, »Mal de Cadera«, »Durine«, »Galziekte« m. fl., der er Navnene paa Sygdomme, som hærger en Række Dyr (bl. a. Hornkvæg og Heste) i forskellige Egne af Afrika, Indien, paa Filippinerne, i de østlige Middelhavslande og Sydamerika, og som derfra efterhaanden har bredt sig endnu videre omkring. Disse Snyltere optræder navnlig i Blodet, hvor de ødelægger de røde Blodlegemer, undertiden tillige i Cerebrospinalvædsken, og de Sygdomme, de fremkalder, er som oftest dødelige. De overføres ved Stik af Tsetsefluen *(Glossina)* eller Mider *(Ixodes)*, i hvilke de tilbringer en Del af deres Liv. Og da det er lykkedes at dyrke de fleste af dem paa kunstig Næringsbund, har man nu faaet et ret fyldigt Kendskab til dem. De synes bl. a. at være særkønnede, saa der er en kendelig Forskel (i Størrelse) mellem Hanner og Hunner.

Af de talrige andre snyltende Dyr, der er mere almindeligt kendte, skal her kun nævnes nogle af de vigtigste. De allerfleste Rundorme er Snyltere, og hertil hører f. Eks. saa velkendte og farlige Dyr som Spolormene, Børneormene, *Dochmius duodenalis*, Trikinen, Guineaormen og de i Planter (Kløver, Roer o. a.) snyltende smaa Stængelaal, Kløveraal *(Tylenchus devastatrix)* og Roeaal og Havreaal *(Heterodera Schachtii)*. Af Fladormene omfatter de to Grupper, Ikter og Bændelorme, ogsaa næsten udelukkende Snyltere. — Indenfor Leddyrene er talrige Mider (som Blodmiderne og Ungerne af Jordmider, Fnat- og Skabmiderne samt Plantemiderne), mange Insekter (som Lus, Tæger, Fladlus, Snyltehvepse, flere Fluelarver, saasom Bremselarverne, Lopper og Sandlopper) og Krebsdyr (som Hvallus, forskellige Isopoder og Kopepoder) Snyltere. Men det mangler, som før nævnt, end ikke indenfor Hvirveldyrene paa Repræsentanter for denne Levevis. Ti naar blandt Fiskene Lampretterne *(Petromyzon)* borer sig ind i Kødet paa større Fisk og lever heraf, maa disse ogsaa kunne betegnes som i det mindste lejlighedsvise Snyltere.

Det turde være overflødigt at nævne Eksempler paa Værtorganismer, i eller paa hvilke de sidstnævnte Dyr lever, da disse Snylteforhold er langt bedre almindeligt kendte end dem, hvor det er Planter eller mikroskopiske Dyr, der er den angribende Part. Kun skal det bemærkes, at der næppe gives nogen højere Organisme, som ikke er hjemsøgt af en eller anden Snylter, ofte endogsaa af mange forskellige, og at de højere Dyr i ganske særlig Grad foretrækkes som Værter, dels fordi de frembyder saa rigelig og forskelligartet Næring, dels fordi mange af

deres Organer saa udmærket egner sig som Opholds- og Skjulested for Snylterne. Og de varmblodige Dyr yder jo saa desuden i Tilgift den ensartede og overordentlig gunstige Temperatur, som deres Legeme har, hvorfor de da ogsaa fremfor alle andre Organismer efterstræbes af Snyltere.

3. Forholdet mellem Snylter og Vært.

Det er ofte saaledes, at en Snylter kun optræder hos en ganske bestemt Værtorganisme, f. Eks. kun hos en enkelt Art af en Slægt, ja, undertiden endog kun indenfor bestemte Racer af samme Art. Og dette kan enten bero paa, at Snylteren er saa eksklusiv i sine Livskrav, at disses Opfyldelse paa det nøjeste er knyttede til den paagældende Værts Arts- eller Racekarakterer, eller ogsaa paa en forskellig specifik Modtagelighed og Uimodtagelighed for Snylterens Angreb hos ellers i systematisk Henseende nærstaaende Værtorganismer (jfr. S. 226—58). Som en almindelig Regel gælder da, at jo mere udpræget en Snylter som saadan er, i desto højere Grad vil den være begrænset i Valget af sin Værtorganisme, hvorimod de lejlighedsvise Snyltere ofte kan angribe langt mere fjerntstaaende Arter.

Paa den anden Side kan de Snyltere, der optræder hos forskellige Værtorganismer, undertiden blive saaledes paavirkede af disse, at de selv synes at tilhøre forskellige Arter. Saaledes kan f. Eks. den Bakterie, der fremkalder Rødsyge hos Svin, ogsaa leve i Kaniners og Duers Legeme; men naar den igen indpodes fra disse paa Svin, vil den i Kaninerne være bleven mindre, i Duen mere giftig, end den ellers er overfor Svin. Den af Robert Koch i sin Tid fremsatte Teori, at Menneskets og Kvægets Tuberkulose skulde skyldes forskellige Slags Bakterier, og at gensidig Smitte derfor var udelukket, har senere vist sig at være urigtig og i det højeste ligeledes at kunne henføres til de forskellige Værtorganismers Indvirkning paa Bakteriernes Giftighedsgrad (Virulens).

Højst ejendommeligt er det Forhold, at flere udprægede Snyltere maa skifte Vært for at fuldføre deres normale Livsløb, og at de da i Regelen tilbringer de forskellige Afsnit af deres Liv i højst forskellige Værtorganismer. Dette er f. Eks. Tilfældet med mange Rustsvampe, med Malariaparasiten, flere Trypanosomer, Bændelorme, Ikter og Trikiner. Man kender i Øjeblikket c. 100 forskellige Rustsvampe, af hvilke Skaalrustformen optræder paa en Værtplante, medens Uredo- og Basidiefrugtformen optræder paa

helt andre (den paa Kornsorterne saa almindelige Sortrust, *Puccinia graminis*, har f. Eks. sin Skaalrustform paa Berberisbusken og kan kun holde sig, hvor denne Plante forekommer). Malariaens Parasit lever en Del af sit Liv i visse Myggearter af Slægten *Anopheles*, fra hvilken den ved Stik overføres i Menneskets Blod, medens sunde Myg igen inficeres fra malariasyge Mennesker, naar de suger deres Blod. Visse Trypanosomer overføres paa lignende Maade fra Tsetsefluen *(Glossina)* til Kvæg, Heste og Mennesker. Bændelorme udveksles mellem Mennesket og Oksen *(Tænia saginata)* eller Hunden *(T. echinococcus)*, mellem Hund og Hare *(T. serrata)*, eller mellem Katten og Musen *(T. crassicollis)*.

Med den særlig hos Kvæg og Faar i visse Lande saa almindelige og for disse Dyr dødbringende Leveriktes eller Faareflynders *(Distomum hepaticums)* Levnedsløb forholder det sig paa følgende Maade: Forud for det Kuld Leverikter, der ofte kan fylde Kvægs og Faars Galdegange, er der gaaet to andre Kuld af Ikten, »Ammerne«, der begge snylter i samme Individ af en lille Snegl *(Limnæa truncatula)*. De Unger, som det sidste af disse Ammekuld udvikler, og som altsaa skal ende med at blive til Kvægets eller Faarets Ikte, har imidlertid fra først af aldeles ikke noget flynderagtigt Udseende, men ligner snarere smaa Haletudser. Og dette staar i Forbindelse med, at de efter at have sprængt den Snegl, i hvilken Moder- eller Bedstemoderkuldene har holdt til, skal leve en Tidlang fritsvømmende i Vandpytter. Herfra kommer de saa dog ikke straks ind i Kvæget, ved at dette simpelthen kunde slubre dem ind med Vandet. Efter nogen Omsvømning maver de sig nemlig op ad et Græsstraa, basker Halen af, udskiller en Slimkapsel om sig og har nu kun at vente paa at blive spiste sammen med Græsset for med dette at naa ned i Drøvtyggernes Mave. Herfra finder de selv Vej op i Lever og Galdegange, hvor de, efter at være blevne kønsmodne, lægger en Mængde Æg, der med Udtømmelserne kommer ud i Vandet (i oversvømmede Enge). Af Æggene kommer et i Begyndelsen fritlevende lille Foster frem, men dette borer sig dog snart ind i Ungerne af den nævnte Snegl, der altsaa egentlig kun fungerer som en Mellemvært, hvis Tilstedeværelse dog er lige saa nødvendig som Faarets (eller et andet Pattedyrs) for Leveriktens fortsatte Eksistens. — Almindelig bekendt er det endelig, hvorledes de i Muskelvævet indkapslede Trikiner overføres fra Rotten til Svinet

og fra dette til Mennesket, naar disse Organismer æder hinandens Kød. Idet Mavesaften frigør de smaa Orme ved at opløse Kapslerne, vaagner de af deres latente Liv, opnaar hurtigt i Tyndtarmen Kønsmodenhed og parrer sig. Det talrige Afkom vandrer gennem Tarmvæggene langs Bindevævet eller med Blod- og Lymfestrømmen ud i Muskelvævet, hvor det nu indkapsler sig og saaledes venter paa at blive »ædt«. —

Overførelsen af Snyltere fra en Vært til en anden er, hvad man kalder Smitte, og denne kan finde Sted enten direkte eller indirekte, ad mange forskellige Veje. At komme nærmere ind paa det ellers saa interessante og vigtige Spørgsmaal om Smittevejene vilde føre alt for langt udenfor denne Fremstillings Rammer, og vi maa derfor desangaaende nøjes med at henvise til hygiejniske og patologiske Værker. Ligeledes kan der her ogsaa kun blive Tale om nogle ganske faa og almindelige Bemærkninger om de Sygdomme, som Snylterne fremkalder hos deres Værter. Men det skal dog fremhæves, at Snyltelivet er en af de vigtigste Aarsager til Sygdomme overhovedet, saa Læren om Snylterne (Parasitologien) for en meget stor Del falder sammen med Læren om Sygdommene (Patologien) og danner et nødvendigt Grundlag for Forstaaelsen og Behandlingen af disse. Vi skal da blot se paa, med hvilke Vaaben Snylteren i Almindelighed angriber sin Vært, hvilke almindelige Virkninger Angrebet kan have, og hvorledes Værten søger at forsvare sig imod Snylteren og eventuelt overvinder denne.

Snylternes Angrebsmidler. Da Snylteren først og fremmest søger at skaffe sig Føde hos sin Vært, ligger det nærmest at tænke sig, at den Skade, den forvolder denne, bestaar i at fortære og ødelægge de Væv, i hvilke den tager Plads, eller den Næring, som Værten — hvis denne er et Dyr — har indtaget og bearbejdet i sin Fordøjelseskanal. Noget saadant er vel ogsaa for det meste, omend ikke altid (se næste Side om Hypertrofi), Tilfældet, og det er klart, at den Slags Indvirkning ofte kan blive skæbnesvanger for Værten. Men idet Snylteren vokser og formerer sig i Værtens Legeme, kan den tillige komme til at udøve mekaniske Forstyrrelser, ved Tryk paa og Forskydning af Organer, ved Dannelsen af Svulster og Misformning af Legemet. Hvor alvorlige den Slags Beskadigelser er, beror naturligvis dels paa Omfanget af Snylterens Angreb, dels paa de an-

grebne Organers Betydning for den samlede Organisme. Men desuden kan ofte et lille begrænset og overfladisk lokalt Angreb, som f. Eks. ved Difteri, ved en Byld eller en Hudaffektion, blive af den alvorligste Art, fordi Snylteren producerer en Gift, der fra det angrebne Sted med Blodet og Lymfen eller andre Safter føres omkring i Organismens øvrige Dele og her fremkalder særlige Virkninger (se S. 251 ff.). Og netop ved deres Produktion af de stærkeste Gifte, man kender (Toksiner), kommer de mindste Snyltere, Bakterierne, til at høre til de allerfarligste.

Snylteangrebets Virkninger bliver da i Almindelighed **Sygdomme** — med højst forskellige Symptomer. Hvor Snylteren først og fremmest virker ved at fortære af Værtens Legeme eller de af denne indtagne Næringsstoffer, kan den fremkalde Ødelæggelse og Henfald af Organer eller en Underernæring (Atrofi), der svækker eller dræber Værten. Men Snylteangrebet kan dog ogsaa virke som en Pirring paa Værtorganismens Celler, saa disse vokser og formerer sig livligere end ellers, ja, ofte saaledes, at der dannes helt nye Organer (Heksekoste paa Træer som Følge af Svampeangreb), der ikke findes paa den sunde Organisme, eller der dannes uformelige Svulster og Opsvulmninger, der hovedsagelig bestaar af Værtens og kun i ringe Grad af Snylterens Væv (Hypertrofi). Saadanne hypertrofiske Dannelser er f. Eks. de mange Galler paa Planter, der skyldes Snyltedyr, hvis Afkom udvikler sig heri, eller Svampe, og forskellige Svulster og Misdannelser hos Dyr. De kan endvidere give sig til Kende ved, at visse Organer udvikler sig stærkere end normalt, medens andre, som f. Eks. Kønsorganerne, slet ikke kommer til Udvikling, saa Snylteren ganske forstyrrer Planen i Værtorganismens legemlige Udformning. — Naar Snylteren udskiller en Gift, bliver Virkningerne jo, som nævnt, yderligere komplicerede og har bl. a. hyppigt en farlig Temperaturforhøjelse, Feber, til Følge. — Hos de Dyr, der er udstyrede med Nervesystem, fremkalder Snylteangrebet tydeligvis ofte Smertefornemmelser og de største Lidelser. Og netop dette Forhold har maaske mere end noget andet bidraget til at gøre Snylterne til nogle af Menneskets mest frygtede Fjender.

Værtorganismens Forsvarsmidler. Naar Snyltelivet i Naturen har faaet saa stor en Udbredelse, hænger dette sammen med, at Snylterens Angreb paa en i og for sig modtagelig Organisme i de allerfleste Tilfælde ikke er til at afværge undtagen

ved saadanne Kunstgreb, som alene Mennesket i Kraft af sin Intelligens er i Stand til at udføre. Og selv for ham glipper Forsvaret, som bekendt, endnu desværre kun alt for ofte. Forholdet er jo nemlig dette, at hvis Snylteren ikke i sig selv er et mikroskopisk Væsen, som man altsaa ikke umiddelbart kan værge sig imod, angriber den gerne, mens den endnu er ganske uanselig (som Spore, som befrugtet Æg, som netop udklækket Foster osv.), og den angriber ofte netop fortrinsvis Værtorganismerne paa de yngste Stadier af deres Udvikling, hvor de er langt mere værgeløse end som ældre. Og naar Snylterne først har sat sig fast paa eller er trængte ind i Værtens Legeme, vokser de med dette eller formerer sig saaledes, at Angrebet derefter bliver mangedoblet i Voldsomhed. Uden kunstige Indgreb lader Snylteren sig da i Regelen ikke fjerne igen. Ganske vist kan man træffe Dyr (Aber og Hunde), der renser hinanden for Utøj, eller man kan se Fugle befri Hovdyr for Insektlarver (Bremser o. l.), der snylter under Huden, men i det store og hele er de Planter og Dyr, der ikke er under Menneskets Røgt og Pleje, prisgivne de Snyltere, der en Gang har fundet sig til Rette paa eller i deres Legeme, med mindre selve dettes levende Celler, uafhængige af en Bevidsthedsakt, kan reagere saaledes paa den indtrængte Snylter, at denne senere uskadeliggøres.

Idet vi her ser bort fra de mange forskellige kunstige Indgreb (Operationer, Indgivelse af Lægemidler, diætetiske Foranstaltninger o. l.), som Lægen kan foretage, skal vi et Øjeblik standse ved de Vaaben, selve den angrebne Værtorganisme har til Raadighed til at forsvare sig imod eller eventuelt til at fortrænge en allerede indvandret Snylter.

Man maa antage, at de levende Celler altid gør en vis Modstand mod fremmede Celler, der søger at trænge ind i dem. Og er deres Modstandskraft saa stor, at de kan afslaa Angrebet, betyder dette, at den paagældende Organisme under de givne Forhold er uimodtagelig (immun) overfor Angriberne. Men selv om Cellerne i første Omgang overvindes af disse, kan de ofte i næste have styrket sig eller have modtaget en saadan Forstærkning fra andre af Organismens Celler, at de kan begrænse Angrebet eller endog gaa fra Defensiven over til Offensiven. Er f. Eks. betændelsesvækkende Bakterier trængte ind under Huden paa et Dyr og har fremkaldt en Byld o. l., vil det ofte blive ved

denne lokale Betændelse, fordi de hvide Blodlegemer da i Hobetal vandrer hen til det angrebne Sted, afspærrer det fra Forbindelsen med den øvrige Organisme, tager Kampen op med Bakterierne og danner som en Politivagt mod deres videre Fremtrængen. Og naar Bylden da læges, efter Udsondring af Materie (Pus), der netop repræsenterer de hvide Blodlegemer, som er faldne i Kampen, vil man se Bakterierne ligge slagne paa Valen, tildels opædte af deres Modstandere, der paa Grund af denne deres Ævne ogsaa har faaet Navnet »Ædeceller« (Fagocyter). Men før den endelige Tilintetgørelse af Bakterierne vil Fagocyterne eller Legemets øvrige Celler[1]) i Regelen have modvirket og lammet deres Angreb ved Udskillelsen af en overfor Bakteriegiften specifik Modgift (se S. 265 og 268), og netop ved Dannelsen af saadanne beskyttes Organismerne ofte mod de Snyltere, der hovedsagelig virker ved Produktion af Giftstoffer. Sandsynligvis kan flere andre Celler end de hvide Blodlegemer danne saadanne Modgifte, ligesom de ogsaa paa anden Maade kan være i Stand til at kæmpe mod indtrængende Snyltere. Men denne Kampdygtighed erhverver de ofte først, efter at Snylteren er trængt ind i Organismen og der har fremkaldt en Sygdom. Helbredelsen for denne bliver da et Udtryk for, at de under Kampen har erhvervet sig Modstandskraft imod og senere ofte Uimodtagelighed overfor nye Angreb af Snylteren og dens Gift (se S. 265).

Hvor Snylteren ikke just virker ved Udskillelsen af Gifte, saa der heller ikke kan blive Tale om Bekæmpelse af den ved Modgifte, kan Værtorganismen undertiden paa anden Maade uskadeliggøre den. Den kan maaske »vokse fra« den, idet Cellerne med Alderen opnaar større Modstandskraft; den kan eventuelt danne Stoffer, der er Gifte overfor Snylteren; den kan i visse Tilfælde indkapsle denne og saaledes begrænse Angrebet, og dette kan igen føre til, at Snylteren udhungres, hvis den ikke, som Trikinen, kan gaa i en Dvaletilstand og da i lange Tider helt undvære Næring. Og selve den akute Sygdom, med Feber o. lign., som en Snylter kan fremkalde, er ofte netop den Reak-

---

[1]) Fagocyterne synes ofte først at kunne opæde Bakterierne, naar disse er blevne paavirkede af en særlig Slags Stoffer, Opsoniner, der findes i Blodvæsken (Serum) af de angrebne Dyr, og som dannes under Indvirkning af Bakterierne paa Dyrets Celler. Opsoninerne er nemlig specifike for hver enkelt Bakterieart (se S. 265).

tion fra Værtorganismens Side, der, hvis den ikke medfører Døden for denne, bliver skæbnesvanger for Snylteren. I saadanne Tilfælde staar Kampen paa Liv eller Død for den ene eller den anden Part og bliver da et afgjort »Enten—Eller«.

7. Organismernes geografiske Udbredelse og Fordeling paa Jorden.

Efter i det foregaaende at have gennemgaaet de enkelte Livskrav, Organismerne stiller, samt de Faktorer, der hyppigst virker skadeligt eller dræbende paa dem, skal vi endelig undersøge, om og i hvilken Grad hine opfyldes, og paa hvilken Maade disse begrænser Livets Udfoldelse paa forskellige Steder af vor Klode.

Hvor diametralt forskellige end Naturforholdene og dermed de almindelige Livsbetingelser er paa forskellige Steder af Jorden, gives der dog knap nogen Plet paa dennes Overflade, som ikke paa et givet Tidspunkt er eller har været tagen i Besiddelse af levende Væsener. Dette gælder selv saa ugæstmilde Steder som de evige Is- og Snemarker ved Jordens Poler, det øde Ørkensand i ganske regnløse Egne og bælgmørke, underjordiske Huler, naar de blot har Forbindelse med Overfladen. Og paa Steder, hvor man mindst har ventet det, som i de kolde Polarhave eller paa de største Havdybder, hvortil aldrig nogen Solstraale naar ned, findes der endogsaa et nærmest overdaadig rigt Dyreliv. Saaledes har man ogsaa ved Jordens nordlige Kuldepol, omkring Jakutsk og Werchojansk i Sibirien, hvor Temperaturen om Vinteren kan gaa ned til $\div$ 64° C, og Middeltemperaturen for Januar er $\div$ 51,5°, ikke alene konstateret Forekomsten af c. 200 Arter af højere Planter, men der findes tillige udstrakte Skove i disse Egne. Mindre mærkeligt, omend overraskende, er det da, at man ogsaa paa de største Bjærghøjder, til hvilke Mennesker er naaet frem, har fundet Alger og Lavarter, at ikke mindre end 8 Arter af Blomsterplanter er fundne i fuldt Flor paa over 4000 Meter i Alperne i saadanne Højder, hvor der ellers hviler evig Sne, eller at man i indtil 60 Centimeters Dybde af det næringsfattigste Hedesand har fundet et mylrende Liv af forskellige Svampe og Bakterier (P. E. Müller).

Og man maa da spørge: hvorledes er dette muligt eller forstaaeligt, hvis de almindelige Love for Livet, som er fremstillede

i det foregaaende, skal være gyldige for alle levende Væsener? Ja, hvorfor har nogle Organismer netop foretrukket saadanne Opholdssteder fremfor de i Almindelighed mere gunstige, paa hvilke de nu slet ikke kan trives? Hvorfra og hvorledes er de komne derhen osv.?

Alle disse Problemer er blevne Genstand for den livligste Drøftelse og mest indgaaende Undersøgelse i de senere Aar, og hermed beskæftiger sig forskellige Videnskaber, der forener sig i et stort omfattende Fag, Biogeografien, eller Læren om de levende Væseners Udbredelse og Levevis paa de forskellige Steder af Jorden. En stor Mængde af Zoologer og navnlig af Botanikere har helliget sig til Studiet af hver sin Gren af dette Fag, eller henholdsvis til Dyre- (Zoo-) og Plante (Fyto-)geografien, men den egentlige Geograf søger at samle alle Enkeltheder under fælles Synspunkter. Hovedopgaverne for Biogeografien bliver derefter: 1) at give en Beskrivelse af Arternes Fordeling og Udbredelse og benytte disse Forhold til Karakterisering af de forskellige Omraader af Jorden, og 2) at udrede Aarsagerne til Forskellighederne mellem de enkelte Lokaliteters Organismeverden.

Af disse Opgaver er den sidste langt den vanskeligste, idet den ikke kan løses alene ved en systematisk Bestemmelse af Arterne med Angivelse af den enkeltes Udbredelsesomraade og deres indbyrdes Talforhold samt en rent beskrivende Fremstilling af, hvorledes de præger Stedets Fysiognomi, men den maa foruden den rene Botanik og Zoologi tage en Mængde andre Videnskaber til Hjælp, som Klimatologi, Hydrografi, Jordbundslære, Geologi, Kemi, Fysik, Arvelighedslære, Udviklingshistorie, almindelig Fysiologi, Statistik, Historie m. fl. En fortrinlig Støtte har denne Side af Biogeografien fundet i den Behandlingsmaade af Problemerne, som er anlagt af den nye Videnskabsgren, der kaldes Økologien eller Læren om Organismernes Husholdning, hvis Metoder og særlige Opgaver vi straks skal vende tilbage til.

For at naa til en Forstaaelse af Organismernes Fordeling paa Jorden i Øjeblikket, maa man bl. a. ofte spørge om, hvorledes den har været tidligere, ja, hvorledes den oprindelig har været. Man maa endogsaa gaa saa langt tilbage som til Spørgsmaalet om Livets Oprindelse her paa Jorden, som vil blive behandlet særskilt i Slutningsafsnittet af denne Bog. Og idet Udviklingslæren søger at udrede, hvilke Former der maa antages at have været de

oprindeligste, ligger det nær samtidig at beskæftige sig med de naturlige Betingelser, hvorunder disse har levet.

Det tør da nok anses for sandsynligt, at de første Organismer ikke alene har været af en forholdsvis simpel Form og lav Organisation, som encellede Væsener eller maaske mere ubestemt afgrænsede Protoplasmamasser, men at de ogsaa er opstaaede der, hvor Kaarene har været meget gunstige for Livsudfoldelse i Almindelighed, m. H. t. Varme, Fugtighed, Tilstedeværelsen af Næringsstoffer o. l., og dertil meget ensartede, uden bratte og store Svingninger. Rimeligvis har disse Væsener da været knyttede til det fugtige Medium (Vandet) paa saadanne Steder, hvor der herskede lignende klimatiske Forhold som nu omkring Jordens Ækvator. Og de klimatiske Faktorer har uden Tvivl i tidligere Jordperioder haft en ganske anden Fordeling end nu, da Fundene af fossile Planter, hørende til Bregnetræernes, Palmernes o. l. tropiske Organismers Grupper, i Polaregnene, vidner om, at der her tidligere bl. a. maa have hersket en forholdsvis høj Temperatur.

Men senere har dels Livskaarene paa et Sted ændret sig i ugunstig Retning, og dels har nogle Organismer vandret eller er blevne førte (af Strømme og Vinde) hen til Steder med helt andre Naturforhold. Ved langsomme Hævninger af Havbund o. l. er en helt forandret Levevis, Landliv, bleven en Betingelse for den fortsatte Eksistens af visse Organismer, ligesom til andre Tider Landorganismer kan være blevne tvungne til eller have lagt sig efter at leve i det fugtige Medium. Og med alle saadanne Forandringer i Omgivelserne maa der være indtraadt tilsvarende i de levende Væseners Organisation og Funktioner. Hvad enten dette er sket ved en direkte gradvis Tilpasning som Følge af ydre Faktorers Indgriben, eller det er sket ved en Udvælgelse af spontant optrædende Varianter fra Urtyperne (se herom i et senere Afsnit om »Arvelighed og ~~Variation~~«), er Resultatet i hvert Fald bleven en Række nye Typers, Arters, Fremkomst, hvis hele Organisation og Levevis har været i en saadan Overensstemmelse med de herskende Livskaar, at de derigennem har kunnet faa deres mere beskedne Livskrav opfyldte. Og som oftest har Ændringerne været saa gennemgribende, at de nye Former ikke har kunnet trives under saadanne Kaar, som var Betingelsen for deres Stamformers Eksistens, medens dog paa den anden Side nogle Arter har været og er saa plastiske, at de kan klare sig under ret forskelligartede ydre Kaar. Der gives f. Eks. saakaldte Ubikvister,

d. v. s. Organismer, der er udbredte over næsten hele Jordens Landomraade (som en hel Del lavere Planter og Dyr, men dog ogsaa flere Blomsterplanter og Pattedyr, f. Eks. Rotten og Mennesket) eller i alle Have (hvilket navnlig gælder Dybhavsfaunaen, der dog lever under ret ensartede ydre Kaar); absolute Ubikvister eller saadanne, der allevegne kan leve baade i Vandet og paa Landjorden, findes dog næppe.

For langt den største Mængde af de talrige forskellige Arter, der nu lever, gælder dog, at de er saa fint afstemte efter bestemte Livskaar, at de kun har en begrænset Udbredelse, og at nogle endog i deres Forekomst er indskrænkede til meget snævre eller eksklusive Omraader. Derigennem er Organismerne blevne det finest mærkende Reagens for de paa et Sted herskende Naturforhold, saaledes at de giver langt bedre Besked herom end de omhyggeligste Maalinger af Temperaturer, Luftfugtighed, Nedbør, Lysstyrke o. l., og Studiet af et Omraades Organismeverden bliver derfor mere og mere et nødvedigt Led i Klimatologens, Geologens, Hydrografens og den fysiske Geografs Undersøgelser. Men lige saa lidt som disse altsaa kan undgaa at tage Hensyn til, hvilke levende Væsener der forekommer paa et Sted, kan Biogeografen eller Biologen i snævrere Forstand (se Indl. S. 3) undlade at gøre rent fysiske og kemiske Studier, naar han vil forstaa, hvorledes en Art udbreder sig og kan eksistere paa en given Lokalitet.

Heraf fremgaar altsaa, at Biogeografen ofte maa tage sin Tilflugt til saadanne Videnskaber som Arvelighedslæren, der søger at forklare de nye Typers Fremkomst, og til Fysiken og Kemien, der skal give ham de nødvendige Oplysninger om de Naturkræfter, der influerer paa Livsvirksomhederne. Men han maa tillige hyppigt søge til Geologien for at finde Forklaringen paa, hvorfor han finder den og den Organisme just her og der, men ikke hist, idet denne Videnskab kan oplyse ham om de Veje, ad hvilke en Vandring er foregaaet i tidligere Tider, eller hvorfor han finder enkelte Efterladte, Relikter, fra en Organismeverden, der ikke længere hører hjemme blandt senere indvandrede og nu dominerende Former. Meget ofte kan endvidere den almindelige Kulturhistorie om Menneskets Liv og Vandringer give ham paalidelige Oplysninger om Dyrs og Planters Udbredelse. Siden Opdagelsen af Amerikas og Australiens Kontinenter og de dertil hørende Øer er der sket en stadig Udveksling mellem disses og de

øvrige Verdensdeles Organismer, ja, Menneskets frivillige eller ufrivillige Rejsefæller har ofte befundet sig saa vel i deres nye Hjem, at de ved deres enorme Formering og Udbredelse helt har ændret dettes Fysiognomi, har fortrængt nogle af de oprindelige Beboere og givet Udviklingsmuligheder for andre, der i Forvejen kun førte en kummerlig Tilværelse. Saaledes bliver da et indgaaende Kendskab saavel til Organismernes Vandreveje som til deres Vandremidler af den største Betydning for Biogeografen.

Ligesom en tilfældig ny Gæst, som f. Eks. Mennesket, kan føre en Mængde andre Organismer med sig, saaledes virker dog ogsaa en Række andre Faktorer til stadig at hidføre Forandringer i en Egns Befolkning med Dyr og Planter. I Virkeligheden findes der næppe noget Omraade, hvor den levende Natur befinder sig i Ro, i Ligevægt, men Forandringerne i Forholdet mellem Arterne sker tværtimod i Regelen saa hurtigt, at den opmærksomme Iagttager, der flittigt besøger et Sted, ikke kan undgaa at konstatere saadanne fra Aar til Aar eller i hvert Fald indenfor et Spand af nogle ganske faa Aar. Ti selve den enkelte Arts Levevis bærer Spiren til en Forandring i dens Optræden i sig.

Det er jo nemlig saa, at hvor en Organisme i det hele taget finder Livsbetingelser, der vil den ikke nøjes med at optræde som enkelt Individ, men den vil hurtigt danne større eller mindre Samfund, hvilket netop bliver et Tegn paa dens Levedygtighed under de givne Forhold, der kun maa siges at opfylde de stillede Livskrav, hvor de ogsaa muliggør en Forplantning. Og ud fra denne Erkendelse maa man derfor under biogeografiske Studier ikke saa meget rette sin Opmærksomhed imod det enkelte Individ som Art betragtet som mod dets Livsform eller særlige Tilpasning til de herskende Livskaar og mod de Samfund, det danner med andre Individer af samme eller forskellige Arter. Herpaa er da det før omtalte af Biogeografien saa overordentlig vigtige Led, Økologien eller Læren om de levende Væseners Samfund og deres Husholdning, baseret, for hvilken der da skal gøres lidt nærmere Rede.

Idet Økologien søger Forklaringen paa, hvorledes det er muligt for en Organisme at klare sig under givne Forhold, maa den ikke alene tilstræbe et nøje Kendskab til dens ydre og indre Bygning og dens forkellige Organers Funktioner, men den maa samtidig undersøge hele det Milieu, hvori Organismen lever, og blive klar paa Overensstemmelserne mellem dens Livskrav og Livskaar.

Derfor medfører Studier af den Art en langt mere indgaaende Analyse af en Lokalitets Naturforhold, end den rent beskrivende Biogeografi eller den rent fysiske Geografi alene kan give.

Det var Professor i Botanik ved Kjøbenhavns Universitet EUGENIUS WARMING, der med sit i 1895 paa Dansk udgivne Ar-

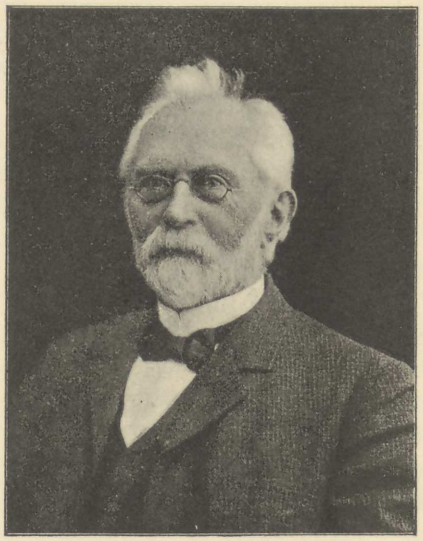


Fig. 106. EUG. WARMING, f. 3. Novbr. 1841, Professor i Botanik ved Kjøbenhavns Universitet. Har gjort sig højt fortjent af de forskelligste Grene af Botaniken (Systematik, Udviklingshistorie, Anatomi, Morfologi, Plantegeografi m. m.). Har foretaget Rejser til Grønland, Sydamerika, Vestindien o. s. v. og herfra hentet Materiale og gjort Studier til ypperlige videnskabelige Værker. Ved sine Lærebøger, der er oversatte til en Mængde Sprog, og ved sine glimrende pædagogiske Evner har han haft den største Betydning for unge Botanikere baade herhjemme og i Udlandet. Han er f. T. (1911) Præsident for »L'Association internationale des Botanistes«.

bejde »Plantesamfund» [1]) først afgrænsede Økologien som selvstændigt Fag ved at samle en Række biologiske Problemer under fælles Synspunkt og angive Metoder til deres Besvarelse. Der fore-

[1]) Dette Arbejde er senere oversat til flere andre Sprog, saaledes til Tysk allerede i 1896, og det er bl. a. i 1909 udkommen paa Engelsk under Titelen »*Oecology of plants*« i en fuldkommen omarbejdet Udgave, som Forfatteren selv betegner som en helt ny Bog.

laa for ham et rigt Materiale af floristiske, almindeligt biologiske, plantegeografiske, meteorologiske, hydrografiske o. l. Undersøgelser, som han stillede sammen til Belysning af de af ham rejste Spørgsmaal, og dette affødte da straks efter en Mængde nye Undersøgelser, der direkte tog Sigte paa økologiske Forhold. Hovedopgaven var for WARMING at komme til en Forstaaelse af, hvorfor netop de og de Planter, ordnede i bestemte Samfund, optraadte paa en given Lokalitet, og at udrede, hvorledes de i Bygning og fysiologiske Egenskaber — ved deres saakaldte Livsform — var særligt tilpassede til de forhaandenværende ydre Faktorer, til det omgivende Milieu. Der kunde til en Begyndelse naturligvis kun være Tale om at pege paa de mere iøjnefaldende Overensstemmelser mellem Planterne og Milieuet, som f. Eks. til i store, almindelige Træk at angive, til hvilke fysiske Tilstande saadanne Formationer som Skov (med dens Underafdelinger: tropisk Regnskov, stedsegrønne xerofile Skove, løvfaldende Skove o. s. v.), som Stepper, Saltbundsvegetation, Sumpe (Tundraer), Hydrofytsamfund (Vandplanter), Klippe- og Ørkenvegetation o. l. svarede. Men indenfor hver enkelt af disse saakaldte Formationer skjuler der sig en Mængde Problemer angaaende Enkeltheder, som det er WARMINGS store Fortjeneste at have stillet saa klart, at man rundt omkring i forskellige Lande straks meldte sig til Arbejdet paa at besvare dem. Da der endnu kun er gaaet godt 15 Aar, siden hans grundlæggende Arbejde først udkom — og dette endda paa et saa lidet kendt Sprog som det danske — er det naturligvis hidtil kun i meget begrænset Omfang, de rejste Spørgsmaal har kunnet finde Besvarelse, men den planteøkologiske Litteratur er dog allerede bleven særdeles omfattende, saa dette bedst viser, med hvilken Interesse denne Videnskabsgren nu dyrkes af Botanikerne.

Kort efter at WARMINGS Bog var udkommen, gav imidlertid Tyskeren A. F. W. SCHIMPER i sit store Værk »Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage« (1898), der er udarbejdet omtrent samtidig med og ganske uafhængig af WARMINGS Bog, en samlet Fremstilling af Planternes Udbredelse paa Jorden, i hvilken han helt igennem anlægger fysiologiske (eller økologiske) Synspunkter saavel for Beskrivelse af Planteverdenens almindelige Fysiognomi som til Forklaring af Samfundenes Art og Fordeling indenfor snævrere Omraader. Ved sin livlige Fremstilling, ved sin Fylde paa floristiske og økologiske Enkeltheder og ikke mindst ved sit righoldige Materiale af

originale, fortræffeligt udførte Billeder, er denne Bog bleven et Hovedværk i den plantegeografiske Litteratur, der baade i højeste Grad 'har udvidet Kendskabet til Jordens Planteverden og virket ansporende paa talrige andre Forskere til videre Originalstudier i samme eller lignende Spor.

WARMINGS banebrydende Arbejde er paa den smukkeste Maade bleven fortsat, uddybet og ført ind i nye og betydningsfulde Spor af hans Elev CHRISTEN RAUNKIÆR (se S. 342 ff.), der har Fortjenesten af at have udarbejdet et genialt System for Planterigets Inddeling efter Livsformer og ved indgaaende statistiske Undersøgelser over disses Fordeling over forskellige Omraader af Jorden at have vist, hvilke værdifulde Bidrag saadanne kan give til Klimatologien og den fysiske Geografi i Almindelighed. Af andre ansete Forskere, der har kastet sig over Økologien, maa nævnes Botanikere som C. SCHROETER, CH. FLAHAULT, CLEMENTS, F. W. OLIVER, H. COWLES m. fl.

Samtidig fandt Økologien ogsaa Dyrkere indenfor Zoologernes Kreds, for hvem de samme Spørgsmaal er brændende. Men det maa dog siges, at de Bidrag, Zoologien hidtil har ydet til den og til Biogeografien i Almindelighed udover Angivelse af de forskellige Arters Forekomst og Udbredelsesomraade er langt sparsommere end de botaniske (se S. 338—40 og 361—62). For saa vidt er det kun en Trøst, at de botaniske Problemers Løsning vel ogsaa maa siges at være de enkleste og at ligge først for, fordi de i mangfoldige Tilfælde er nødvendige til en Forstaaelse af Dyrenes Udbredelse, og der gennem dem straks kastes Lys over vigtige Sider af Dyresamfundenes Liv, medens det paa den anden Side dog heller ikke maa glemmes, at Forholdet mellem Dyr og Planter som oftest er gensidigt, og at Dyrenes Livsførelse ogsaa belyser vigtige Sider af Plantelivet (se foregaaende Afsnit).

Nu er det da ikke alene gennem Rejser over større Strækninger af Jordens Overflade, at der kan samles Materiale til biogeografiske Studier, men en indgaaende Undersøgelse paa et enkelt begrænset Omraade bliver ofte af langt større Værdi end omfattende Rejsebeskrivelser, baserede paa mere overfladiske Iagttagelser. Vi er nu gennem Økologien naaede til den finere Analyse af Enkeltheder i Problemerne, den, paa hvilken al Naturvidenskab til syvende og sidst maa bygges op, og kun igennem saadanne Studier, udførte i stort Omfang paa de forskelligste Steder af Jorden, vil vi en Gang kunne naa til en dybere Forstaaelse af Lovmæssig-

heden i det brogede Billede, som de utallige Organismers Sammenblanding og Fordeling paa Jorden frembyder.

Idet vi herfra gaar over til at give en kort Oversigt over Biogeografiens hidtil vundne Hovedresultater, bliver det nødvendigt at behandle to i deres Naturforhold saa forskellige Omraader som Landjordens og Vandenes Organismeverden hver for sig. Ganske vist findes der jo ogsaa levende Væsener, der som Amfibierne kan leve baade paa Land og i Vand, og nogle, der som f. Eks. mange Insekter fører en Del af deres Liv i Vandet (som Larver), en anden paa Landjorden (som fuldkomne Insekter), men for de biogeografiske Problemers Løsning volder disse dog ingen større Vanskeligheder, saaledes at de i denne korte Fremstilling skulde nødvendiggøre en særskilt Behandling.

Landjordens Organismer.

Da vi selv (Menneskene) hører til disse, er det naturligt, at det er dem, vi har kendt længst og derfor ogsaa kender bedst. Et overmaade stort og besværligt Arbejde har maattet udføres for blot at lære de mange enkelte Arter at kende gennem saadanne Karakterer, at de kunde skelnes fra hverandre indbyrdes og indordnes i et System. Og dette Arbejde er da ogsaa langt fra endt endnu. Store Dele af Kontinenterne, som de mægtige Bjærgomraader i Centralasien og Centralafrika, de vidstrakte Ørkener i Kina, Arabien, Australien og Afrika og de paa Planter og Dyr saa overdaadigt rige Sumpe og Urskove langs Tropernes Kæmpefloder, er endnu langt fra tilstrækkeligt udforskede til, at man der ikke stadig opdager nye Slægter af højere Dyr og Planter. Og hvad det lavere Dyre- og Planteliv angaar, navnlig det, der omfatter saadanne Former, som kun kan bestemmes ved Mikroskopets Hjælp, saa opdages og beskrives der daglig nye Repræsentanter herfor selv fra de bedst undersøgte Egne af Jorden.

Imidlertid bliver dog altid de højere, grønne Planter, der ved deres Produktion af organisk Stof er Betingelsen for alle Dyrs og de fleste lavere Planters Eksistens, dem, hvis Udbredelse og Fordeling paa Jorden det har størst Interesse at udforske. Og med Hensyn til Kendskabet til deres Former er man nu allerede kommen saa vidt, at man begynder at angive det samlede Antal Arter af eksisterende Blomsterplanter med en saadan Nøjagtighed som f. Eks. 133082 (Uphof, 1910). Selvfølgelig er et saadant Tal dog

kun tilnærmelsesvis nøjagtigt, da der som sagt stadig opdages nye Slægter, og Artsantallet indenfor de enkelte Slægter saa ofte forøges, bl. a. ved den Spaltning af gamle Arter i flere nye, som en finere Analyse af konstante Forskelligheder fører med sig.

Disse enkelte Arter forekommer nu i broget Mosaik og blandede paa de forskelligste Maader omkring paa Landjorden, og selv hvor Vegetationen for en mere udvortes Betragtning synes at have et temmelig ensartet Præg, er det dog oftere saaledes, at den udgøres af Planter, som hører til ganske forskellige systematiske Grupper, der er komne til at ligne hinanden i deres Voksemaade og Vegetationsorganernes Udformning — i deres Livsformer —, end at Plantedækket bestaar af en Mængde Individer af just den samme Art eller meget nærstaaende Arter. Ganske vist er der visse Familier eller endog større systematiske Grupper, der kun eller fortrinsvis forekommer under bestemte Himmelstrøg, og vi kan træffe ret store Omraader, som f. Eks. næsten rene Bøge- eller Fyrreskove, Tagrør-*(Phragmites)*-Sumpe, Lyngheder o. l., der synes dækkede af samme Planteart, men enten vil der dog mellem disse dominerende Former skjule sig en stor Mængde mindre fremtrædende, fjerntstaaende Arter, eller ogsaa vil det vise sig at være kun forholdsvis smaa Arealer, der virkelig bestaar af en ren Bevoksning af samme Art.

De Arter af Planter og Dyr, som findes paa et Omraade, afhænger ikke alene af de fysiske Faktorer, som kunde betinge deres Eksistens, men af en Række andre, ofte mere tilfældige, Aarsager, som geologiske og historiske Faktorer, Formernes Variationsevne, Forholdet til andre Arter (bl. a. til Mennesket) o. l. og derfor glipper saa ofte Beskrivelsen af et Landskab ved blot at opregne dets Beboere efter deres systematiske Benævnelser.

Da det imidlertid i højere Grad synes at være de vegetative Organers Tilpasning til de ydre Forhold, de herskende Livskaar, der kommer til at præge Plantevæksten paa et givet Sted, end de Karakterer — i Forplantningsorganernes, Blomsternes, Udvikling —, hvorpaa vi begrunder det systematiske Slægtskab mellem Formerne, maa vi spøge, hvilke fysiske Faktorer det da er, som fortrinsvis influerer paa Vegetationens Fysiognomi, paa Livsformerne.

Det er allerede tidligere (S. 110—143) gentagne Gange fremhævet, hvilken afgørende Indflydelse Fugtigheds- og Temperaturforholdene øver paa Organismernes Trivsel og Fordeling paa Jorden, fordi disse to Faktorer varierer langt mere fra Sted

til Sted end andre i og for sig nødvendige Faktorer som Næringsstoffer og Lys eller skadelige Kræfter som Gifte, mekaniske Paavirkninger o. l. For Fugtighedens Vedkommende kommer det ikke alene an paa den absolute aarlige Nedbør, men ogsaa paa dennes Fordeling i Aarets forskellige Maaneder, og saa tillige paa Luftens relative Fugtighedsgrad, der i saa høj Grad er bestemmende for Fordampningens, Transpirationens, Størrelse. Og ligeledes har den aarlige eller daglige Middelvarme mindre Betydning end de Temperaturer, der hersker i Vegetationstiden, eller de Svingninger, der finder Sted mellem Vinter- og Sommer-, mellem Nat- og Dagtemperaturer o. s. v. Og endelig griber disse to Faktorer, Fugtighed og Varme, paa flere afgørende Maader ind i hinandens Virkninger, saaledes bl. a. ved Regulering af Luftfugtigheden, eller eftersom varme Perioder falder sammen med tørre eller med fugtige (Vinterregn eller Sommerregn) o. l.

Paa Fugtigheds- og Varmeforholdene influerer dog ogsaa Jordbundens Karakter (se herom S. 227—245 og S. 355), eftersom Vandet og Varmen holdes tilbage eller let tabes ved henholdsvis Fordampning, Gennemsivning, Udstraaling, Reflektion o. l., men ellers er Indholdet af Plantenæringsstoffer saa nogenlunde ligeligt fordelt i alle forskellige Jordbundsformer, at der næsten altid vil findes tilstrækkeligt til at underholde et endog frodigt Planteliv, naar der blot findes passende Fugtigheds- og Varmeforhold. Noget andet er, at denne Faktor ligesom Jordbundens fysiske Beskaffenhed og det indbyrdes Forhold mellem Planterne samt mellem Planter og Dyr kan veksle forholdsvis meget indenfor snevrere Omraader og saaledes blive bestemmende for den lokale Fordeling af Organismerne.

Og skønt Lysmængden og Lysstyrken veksler saa meget efter Aarstiderne og fra Sted til Sted, efter Breddegrad, Niveauforhold, Højden over Havet, Skydække o. l., saa findes der dog næppe nogen Plet paa Landjordens frie Overflade, hvor der ikke vil være Lys nok til en yppig Vækst af mangfoldige forskellige højere Planter. Derfor er Lyset som biogeografisk Faktor i Almindelighed af forholdsvis underordnet Betydning, medens det naturligvis som økologisk Faktor paa en bestemt Lokalitet faar den største Indflydelse paa Plante- og Dyresamfundenes Karakter.

Yppigheden i Plantelivet eller den Mængde af Individer (baade Planter og Dyr), der kan leve paa et Sted, afhænger saaledes — hvor ikke Mennesket (eller Dyrene) ved kunstige Midler er i

Stand til at modificere Billedet, hvad enten dette sker ved en forøget Kultur eller ved Ødelæggelse — næsten udelukkende af de to fysiske Faktorer: Fugtighed og Varme. Og som vi senere skal se, bliver disse ogsaa bestemmende for det indbyrdes Forhold mellem de Livsformer, som RAUNKIÆR har anvendt til en biologisk Inddeling af Planteriget.

Men betragtes et Steds Organismeverden fra et andet Synspunkt, med særligt Henblik paa Antallet af forekommende Arter og disses systematiske Stilling, griber andre Faktorer ofte ind paa en afgørende Maade.

Det Antal Arter, der vil findes paa et igennem lange Tidsrum isoleret Landomraade, f. Eks. en af store Have omgiven Ø, en ved høje Bjærgkæder eller store Ørkenstrækninger afgrænset Landsdel el. lign., hvortil Vandringer af Organismer har været besværlig- eller umuliggjort, vil for Størstedelen bero paa de oprindelige Formers større eller mindre Variationsevne, paa deres Spaltning i nye Typer. Det australske Kontinent er saaledes Eksemplet paa Isoleringens Følger for Artsantallet. Før det gennem Besøg af Mennesker fra andre Verdensdele kom i Kommunikation med disse, rummede det kun Repræsentanter for nogle ganske faa af de Pattedyrordener, der ellers er udbredte over den gamle og den nye Verden, nemlig hovedsageligt af Næbdyr og Pungdyr. Men til Gengæld havde rigtignok disse sidste spaltet sig ud i en Mængde nye Slægter og Arter, der med Hensyn til Levevis og Livsformer havde Tilknytning til mere moderne Pattedyrordener som Rovdyr, Insektædere, Drøvtyggere, Aber o. s. v., medens Næbdyrene ikke havde haft denne Plasticitet og Udviklingsevne.

Hvis et Landomraade i tidligere Jordperioder har staaet i landfast Forbindelse med et andet, fra hvilket det nu er adskilt ved dybe og brede Have, vil dette som Regel ogsaa have sat sig Spor i Ligheden mellem de Arter, man nu finder paa de to Steder. Forløbet af Havstrømme eller herskende Vinde, der kan medføre Plantefrø, Fugle, Insekter o. l., kan ligeledes indvirke paa Artsfordelingen. Og endelig er, som før nævnt, Menneskets Rejser og Vandringer en overordentlig betydningsfuld Faktor, hvor det gælder Indførelsen af nye Arter eller Udryddelsen af gamle. Mange Dyreformer ere saaledes blevne udryddede paa store Landstrækninger paa Grund af Menneskets Efterstræbelser, og Indvandringen af en Dyreform eller af sygdomsvækkende Svampe og

Bakterier kan have udryddet mange tidligere eksisterende Plante- og Dyrearter, ligesom nyindvandrede Planter og Dyr kan have skabt Eksistensbetingelser for andre Arter.

Naar vi her har lagt særlig Vægt paa de Faktorer, der har været og er bestemmende for Planternes Fordeling, er det ud fra det tidligere flere Gange fremhævede Forhold, at Planterne jo er Betingelsen for Dyrenes Eksistens, saa at det Antal Dyr, der kan finde tilstrækkelig Føde paa et vist Omraade vil staa i Forhold til Mængden af produceret Plantestof. En Mængde Dyr er ogsaa saaledes direkte afhængige af bestemte Planter eller af bestemte Vegetationsformationer (Skov, Steppe, Ørken o. s. v.), at de vil optræde i Livsformer, der nøje svarer til Planternes.

Men forøvrigt er mange Dyr, og navnlig de varmblodige, ikke saa direkte afhængige af de for Planterne vigtigste fysiske Faktorer, Fugtighed og Varme, som disse, idet de dels ved deres Evne til at foretage selvstændige Bevægelser kan skaffe sig deres Vandbehov dækket (fra Kilder, Floder og Søer) i ofte ret stor Afstand fra det Sted, hvor de tager deres faste Føde, og dels fordi de ved Reguleringen af deres Egenvarme kan udføre deres Livsfunktioner ved Temperaturer, der enten vilde standse eller dræbe Plantelivet. Derfor kan man ogsaa træffe et meget rigt Dyreliv i Jordens koldeste Egne, og det maa bemærkes, at Plantelivets Fattigdom paa Landjorden her ofte synes at være uden Betydning for de paagældende Dyr. De talløse Fugleskarer, der kan træffes i Polaregnene, og som for saa vidt er ægte Landorganismer, som de altid ruger paa Landjorden, samt en Del af Polarpattedyrene indtager dog en Særstilling blandt Landjordens Organismer derved, at de søger deres Føde i Havet, blandt Fisk og andre Dyr.

Og med Hensyn til Dyrearternes Fordeling og Udbredelse paa Jorden har Uafhængigheden af de fysiske Faktorer ogsaa gjort sig gældende for de Formers Vedkommende, der er i Stand til at foretage lange Vandringer over Omraader, hvor der kun var liden eller ingen Føde. Mange Fugle kan jo flyve over vidtstrakte Have, Ørkenomraader og høje Bjærgkæder, og svømmende eller hurtigt løbende Pattedyr kan som bekendt ogsaa ofte foretage lange Vandringer. Da mange Dyr saaledes ikke er stavnsbundne, kan de — som f. Eks. Trækfuglene — vælge sig Opholdssteder med store indbyrdes Afstande paa forskellige Tider af Aaret.

Vil man skaffe sig en Oversigt over Fordelingen af Landjordens Organismer, kan man anvende forskellige Principer for en

Inddeling. Den oprindelige Biogeografi benyttede hertil først og fremmest Arten som Enhed og undersøgte, hvorledes de af saadanne beslægtede Enheder dannede Grupper (Slægter, Familier, Ordener og Klasser) fordelte sig i saakaldte »Flora- og Faunariger« over Jorden. Senere har man navnlig for Planternes Vedkommende inddelt Jorden i forskellige Zoner efter den Indflydelse, Temperaturen har paa Plantelivet. Og hertil svarer omtrent de Regioner, der paa et givet Omraade kan findes i forskellige Højder over Havet. I nyere Tid har fremfor alle RAUNKIÆR paapeget, hvor langt mere rationelt det er at inddele efter Livsformerne med Hensyn til Planternes Tilpasning til at overleve ugunstige Aarstider, og hvilke vigtige Bidrag til den fysiske Geografi og Klimatologien en saadan Inddeling kan give. — Vi skal da her i Korthed give Grundtrækkene i de Systemer, der er opstillede paa Basis af disse Inddelingsprinciper.

Flora- og Faunariger. Idet man gaar ud fra, at de samme Planter og Dyr ikke er opstaaede paa en Gang over hele Landjordens Overflade, men at de efterhaanden har bredt sig fra mere begrænsede Omraader til saadanne Steder, hvor de i det hele taget var i Stand til at naa frem og finde deres Livskrav opfyldte, bliver det forstaaeligt, at Steder med i Hovedsagen ens klimatiske Forhold kan være befolkede med saa forskellige Arter, Slægter, Familier o. s. v. Mange gamle, oprindelige Former, der kan have holdt sig gennem lange Tidsrum paa samme Sted, kan da helt mangle paa andre Steder, hvor til Gengæld den senere paabegyndte Udvikling af nye Arter kan have taget en anden Retning og frembragt Former, der slet ikke forekommer paa førstnævnte Sted. For den Fordeling af Arterne, der har fundet Sted paa dette Grundlag, har selvfølgelig de geologiske Forhold spillet den største Rolle. Kontinenter, der nu er adskilte ved dybe og brede Verdenshave, har tidligere været i Forbindelse med hinanden, flere høje Bjærgkæder er først opstaaede i en geologisk set sen Tid, og tidligere adskilte Omraader er ved Hævning af Jordoverfladen, ved Erosion af høje Bjærge o. l. senere komne i en saadan Forbindelse med hinanden, at Planter og Dyr har kunnet indvandre fra det ene til det andet.

Det bliver da de Omraader, der længst har indtaget en isoleret Stilling, hvis Organismeverden i højest Grad har faaet et Særpræg. Australien med Ny-Zeeland, Ny-Guinea og flere om-

liggende Øer har saaledes gennem lange Tidsrum udgjort et Omraade for sig. Ligeledes Sydamerika (med Mellemamerika og de vestindiske Øer), der i Begyndelsen af Tertiærtiden blev adskilt fra Nordamerika og efter gentagne Hævninger og Sænkninger først i Kvartærtiden igen kom i varig Forbindelse dermed gennem den nu eksisterende smalle Landtange. Den Syd for Sahara liggende Del af Afrika (med det sydlige Arabien) har ved det brede Ørkenbælte, og For- og Bagindien samt den sydlige Del af Kina har ved uoverstigelige Bjærgkæder gennem lange Tider været afgrænsede fra de Nord for liggende Omraader. Derimod har tidligere Nordafrika saavel over Gibraltar som over Malta og Sicilien indtil en forholdsvis sen Periode staaet i landfast Forbindelse med Europa og hele den nordlige Del af den gamle Verden, og over de arktiske Egne (ved Beringsstrædet) har Nordamerika haft landfast Forbindelse med den gamle Verden. De Riger, i hvilke WALLACE i sin Tid inddelte Jordklodens Landomraader for Dyrenes Vedkommende, passer da ogsaa i Hovedsagen for Planternes Fordeling efter Arter og omfatter følgende Hovedriger med deres som Underriger og Provinser benævnede Underafdelinger.

1. Det australske Rige *(Notogæa)*, af hvilke Kontinentet, Ny-Guinea, Ny-Zeeland og de polynesiske Øer udgør særlige Provinser. Her fandtes oprindelig kun ganske faa Pattedyrordener repræsenterede, som Gnavere, Flagermus, Næbdyr og Pungdyr, af hvilke de to sidste er særlig karakteristiske for dette Omraade. Af Fugle, Krybdyr og Padder havde det ogsaa sine særlige Repræsentanter. Og ikke mindre ejendommelig var Planteverdenen med dens Bregne- og Græstræer, dens Eukalyptusskove og Casuarinaer m. fl.

2. Det sydamerikanske Rige *(Neogæa)*, med Mellemamerika, Andesbjergene, Patagonien, Amazongebetet, Syd-Brasilien og Vestindien som Provinser, mangler ogsaa en Del vigtige Pattedyrordener som Insektædere og Halvaber, men har saa til Gengæld en Række andre Former, der er karakteristiske for denne Verdensdel, som den nye Verdens Aber, Bæltedyr, Dovendyr, Pungrotter, Vampyrer, Lamaer o. a., og af Fugle Kolibrier og Nanduer, af Padder Løvfrøer o. s. v. For Planteverdenen er bl. a. en Række Palmer, Kaktus, Baldrianarter og en hel Del Arter, der senere som Kulturplanter har faaet Indpas rundt omkring i Verden, f. Eks. Majs, Kartoffel og Bønne, karakteristiske.

3. Den nordlige Halvkugles Kontinenter samt

Afrika *(Arctogæa)* danner ét stort Rige, hvis enkelte Dele i saa lange Tidsrum har været i landfast Forbindelse med hverandre, at der er sket en stadig Udveksling af de Plante- og Dyreformer, der har haft en ikke for ringe Vandringsevne. Der er derfor saa mange fælles Træk indenfor dette vældige Landomraade, at Forskellighederne bliver mindre udprægede end mellem de før nævnte Riger indbyrdes, medens de vel er tilstrækkelige til at begrunde Opstillingen af saadanne store Underriger som

a. Det holarktiske Omraade, der omfatter Nordafrika (Nord for Sahara), hele Evropa og Asien med Undtagelse af Landene Syd for Himalaya og Jantsekiang samt Nordamerika. For hele dets nordlige Del, Polaregnene, er baade Plante- og Dyreverdenen saa at sige ens. Først noget længere mod Syd optræder saadanne Forkelligheder, at man har sondret mellem Nordamerika paa den ene Side (det nearktiske Omraade) og Evropa (med Undtagelse af Middelhavslandene) og Nordasien paa den anden Side (det palæarktiske Omraade). Som særlige Provinser udskilles dernæst den sydlige Del af Nordamerika, Landene omkring Middelhavet og det meste af Kina med Japan.

b. Det indiske Omraade, omfattende For- og Bagindien, Kina Syd for Jantsekiang og de ostindiske Øer, med Ceylon, Forindien, Bagindien med Undtagelse af Halvøen Malakka og denne i Forbindelse med Sundaøerne som særlige Provinser.

c. Det æthiopiske Omraade, bestaaende af Afrika Syd for Sahara, den sydlige Del af den arabiske Halvø og Madagaskar, af hvilke denne sidste Ø og Sydafrika, hver med sin ejendommelige Organismeverden, er vel afgrænsede Provinser.

At komme ind paa en nærmere Redegørelse for, hvilke Dyre- og Plantegrupper der er karakteristiske for hvert af disse Omraader, ud over hvad der er almindelig bekendt, vilde her føre alt for vidt og for saa vidt ogsaa være overflødigt, som de fleste sikkert fra Skolebøger, Rejsebeskrivelser og Kendskabet til den moderne Handelsomsætning ved mere herom, end denne Bogs Plads vilde tillade at opregne.

Biogeografiske Zoner og Højderegioner. Ifølge Jordaksens Stilling til Solen og dens regelmæssige Drejning herimod i Aarets Løb bliver den Mængde Varme, Jordoverfladen modtager ved Bestraaling, ret ulige fordelt saavel paa forskellige Breddegrader, som — i en vis Afstand fra Ækvator — paa forskellige Tider af

Aaret[1]). Herefter har man inddelt Jorden i de bekendte Bælter eller Zoner, nemlig de 3 Hovedzoner: 1) den tropiske eller ækvatoriale, paa begge Sider af Ækvator indenfor Vendekredsene, 2) de tempererede, Nord og Syd for Vendekredsene indtil Polarkredsene, og 3) de kolde eller arktiske Zoner, Nord og Syd for disse indtil Polerne. Denne nøjagtige matematiske Inddeling falder nu ikke just sammen med den virkelige Varmefordeling paa Jorden, idet Grænselinjerne for denne, de saakaldte Isotermer, der angiver Steder med samme Middeltemperatur, har et ret bølget Forløb, fordi flere andre Faktorer end den fra Solen modtagne Straalevarme har Indflydelse paa Jordens Temperaturforhold. Og navnlig bliver der en gennemgribende Forskel paa Sommer- og Vinter-Isotermernes Forløb i de Egne, hvor Forskellen paa Aarstiderne gør sig gældende. Og for de levende Væsener bliver det ikke altid saa meget de aarlige eller halvaarlige Middeltemperaturer som Svingningerne indenfor de absolute Temperaturer, der faar den afgørende Betydning. Paa et Steds Temperaturforhold influerer foruden dets geografiske Beliggenhed særlig Højden over Havet, Nedbørens Mængde og Fordeling (Skydække) samt Afstanden fra Havet og fra de deri optrædende kolde eller varme Strømme. Og skønt Svingningerne i Almindelighed er størst paa de højere Breddegrader, kan de dog ogsaa være ret betydelige selv indenfor den ækvatoriale Zone. Saaledes kan Middeltemperaturen i Aarets koldeste og varmeste Maaned variere med over 20° i Saharas, Kalaharis og det australske Kontinents Ørkenomraader, men rigtignok med 65° ved Jordens nordlige Kuldepol, Werchojansk i Sibirien, ved den nordlige Polarkreds. Derimod er der i det tropiske Bæltes Kystegne saa at sige ingen Forskel paa Sommer og Vinter, hvad Temperaturerne angaar, idet f. Eks. Middeltemperaturen i Buitenzorg paa Java er henholdsvis 25°,5 for den varmeste (September) og 24°,5 for den koldeste (Februar) Maaned, og Middelforskellen mellem Aarets koldeste og varmeste Dage (med henholdsvis 30°,1 og 20°,9) kun udgør 9°,2, medens samme Størrelse f. Eks. for Wien er 48° (som Differens mellem 33°,5 og ÷ 14°,5).

[1]) Det anses for godtgjort, at Jordaksen i tidligere Perioder har haft en anden Hældning mod Solen, end den har nu, og herudfra har man bl. a. kunnet forklare Fundene i Polaregnene af fossile Planter (Bregner, Cykadéer, Palmer), der ellers hører hjemme i et tropisk Klima.

De samme Forskelligheder i Varmeforholdene, der gør sig gældende mellem de ækvatoriale Egne og Steder, som ligge udenfor disse, kan man omtrent genfinde ved at stige op ad et højt Bjerg. For hver 170 Meters Stigning i Alperne synker den aarlige Middeltemperatur med 1°, og Differenserne mellem de højeste og laveste Temperaturer stiger endda i endnu højere Grad paa Grund af den aftagende Lufttæthed. Da Plante- og Dyrelivet naturligvis ændrer sig i Overensstemmelse hermed, kan man paavise Højderegioner, der i mange Henseender svarer til de biogeografiske Zoner (se herom S. 350 og 352).

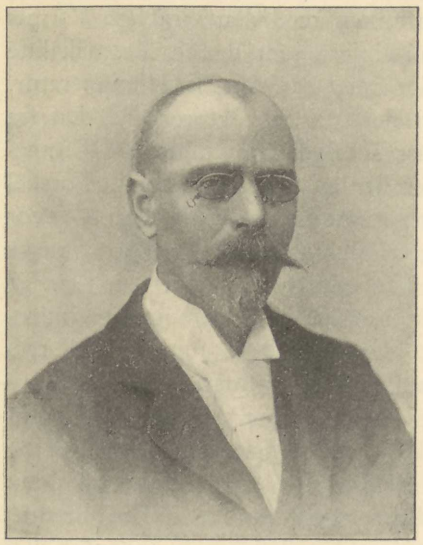


Fig. 107. Christen Raunkiær, f. 29. Marts 1860, Docent i Botanik ved Kjøbenhavns Universitet, har foruden de i Teksten omtalte plantegeografiske Arbejder skrevet talrige mindre Afhandlinger og et monumentalt Værk over »De danske Blomsterplanters Naturhistorie«, hvoraf dog endnu kun I Bind (742 S.), omhandlende de Enkimbladede, er udkommen, samt en meget anvendt »Dansk Ekskursionsflora«. (Se forøvrigt Teksten og Literaturfortegn. S. 353.)

Var nu Plante- og Dyrelivets Karakter alene bestemt af de paa et Sted herskende Temperaturer — hvad de jo langtfra er — maatte man altsaa vente at finde dem ret forskellige, selv indenfor den tropiske Zone, hvor der dog ingen egentlig Vinter er. Alt i alt bliver derfor Grænserne mellem de biogeografiske Zoner endnu mere uregelmæssige end Isotermerne, saa de geografiske Breddegrader i hvert Fald ikke kan benyttes som Udgangspunkter for en saadan Inddeling. Naar bl. a. Plantegeograferne alligevel i Almindelighed har holdt sig saa nær op til dem som muligt, har dette egentlig kun bragt Forvirring i deres Systemer, og de har da ogsaa maattet danne og anvende saadanne Betegnelser som subtropisk, subarktisk o. l., der indeholder en Indrømmelse af, at Omraader, der i geografisk Forstand ligger indenfor én Zone, i biologisk Forstand egentlig tilhører en anden.

Vi skal derfor heller ikke gaa nærmere ind paa denne Zoneinddeling, der maa betragtes som ret kunstig, saalænge den søges holdt nogenlunde indenfor de geografiske Zoners Grænser. Thi først ved samtidig at tage Hensyn til andre klimatiske Faktorer end Temperaturen, og fremfor alt til Fugtigheden (baade i Form af Nedbør og som Luftfugtighed), kan der opstilles et naturligt biogeografisk System for Organismernes Fordeling over Landjorden. Det er til et saadant, Økologien har lagt Grunden, og det synes virkeligt ved et genialt Greb at være lykkedes RAUNKIÆR at drage Hovedlinjerne for et rationelt plantegeografisk System, baseret paa

Livsformernes Fordeling som Udtryk for Klimaet. At Planter og Dyr kan trives og opretholde Livet under det varme, fugtige og sollyse Tropeklima, der til Overmaal opfylder de Livskrav, som de mest fordringsfulde Arter stiller, maa synes selvindlysende efter de Oplysninger om de almindelige Livsbetingelser, vi har givet i de foregaaende Afsnit. Men Vanskelighederne for Forstaaelsen af levende Væseners Livsførelse møder os først, naar et eller flere af de nødvendige Livskrav til Stadighed eller periodisk slet ikke eller kun i ganske minimal Grad bliver opfyldte, eller hvor forskellige direkte skadelige Faktorer med større eller mindre Hyppighed og Styrke kan møde en Organisme under dens Livsbane. Eksistensbetingelsen under saadanne Forhold bliver da, dels om Organismerne kan indrette sig paa periodisk helt at undvære eller at nøjes med yderst ringe Mængder af et i og for sig nødvendigt Gode, og dels om de har Beskyttelsesmidler mod Farerne.

For Planternes Vedkommende er det nu saa, at det Gode, de erfaringsmæssig oftest maa renoncere paa, er Vand, og den Fare, de oftest maa værne sig imod, er en for lav (undertiden ogsaa en for høj) Temperatur. Tørke og Kulde bliver da de klimatiske Faktorer, der bliver de afgørende for Plantevækstens Trivsel paa Landjorden.

Efter de fysiske Maalinger, der foreligger om Nedbør og Temperaturer fra saa at sige alle klimatiske Omraader paa Jorden, kan man da allerede danne sig et Skøn over de Betingelser, som disse byder Plantevæksten. Men da Nedbør og Varme som oftest er underkastet store Svingninger, og disse ikke altid falder sammen, men kan gaa i forskellige Retninger, vil der kunne indtræde en Del Kombinationer, om hvis Indvirkning paa Plantelivet man ikke

forud kan slutte noget sikkert. Tværtimod faar man, som RAUNKIÆR har vist, først et paalideligt Billede af de klimatiske Forhold, naar man gaar den modsatte Vej og undersøger, hvorledes Planteverdenen reagerer herpaa.

Imidlertid er RAUNKIÆR nu gaaet ud fra en Betragtning af de rent fysiske Faktorer og har paa en sindrig Maade givet os et anskueligt Billede af Nedbørs- og Temperaturforholdene paa et Omraade ved paa een Figur at sammenstille Kurverne for de aarlige Variationer i disse.

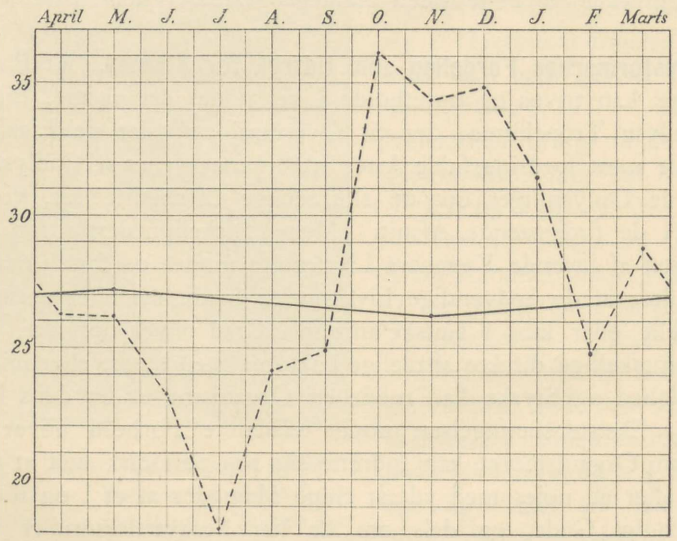


Fig. 108. Hydroterm for et fugtigt tropisk Klima fra Østkysten af Sumatra, nær Ækvator. ——— Temperaturkurve. - - - - Nedbørskurve. Tallene betyder Celsiusgrader for Temperaturkurvens og Centimeter for Nedbørskurvens Vedkommende.

En saadan Figur kalder han en Hydroterm, og idet der her vedføjes nogle saadanne af ham konstruerede Figurer, vil en mere indgaaende Forklaring være overflødig. Fig. 108 viser Ensartetheden i Temperaturen i et fugtigt tropisk Klima, og Fig. 109 et subtropisk, varmt tempereret Klima med større Forskel paa Aarstiderne, hvad Temperaturen angaar, men uheldigvis med en Tørtid, der falder sammen med den højeste Sommervarme. Heroverfor er vort eget Klima forholdsvis gunstigt for Plantevæksten, idet, som Fig. 110 viser, den største Regnmængde falder omtrent paa

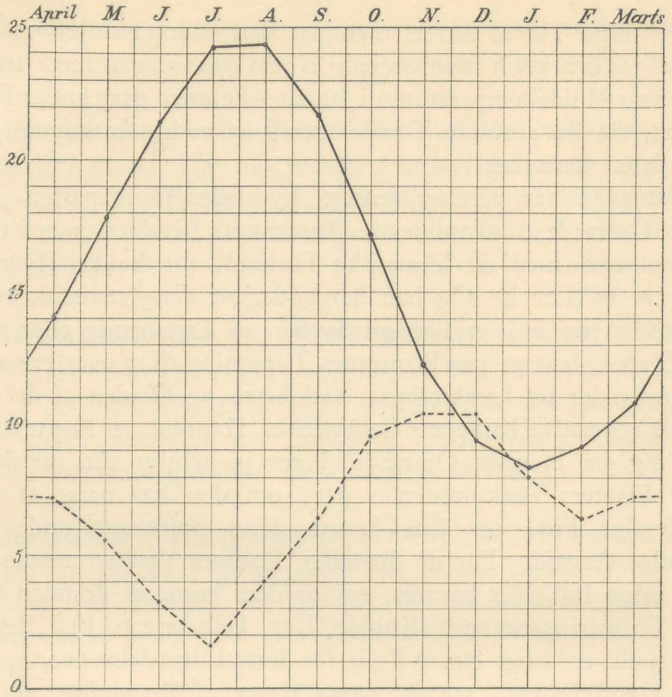


Fig. 109. Hydroterm for et varmt tempereret Klima med Vinterregn og Sommertørke fra Syditalien. Tal og Kurver som i Fig. 108.

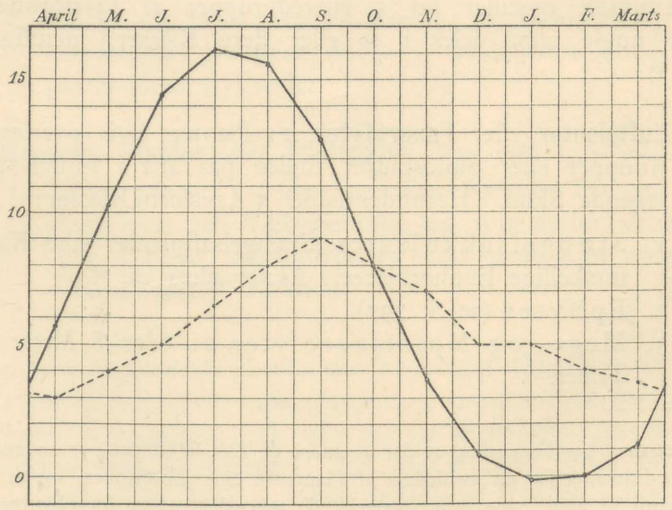


Fig. 110. Hydroterm for et koldt tempereret Klima med Sommerregn fra Danmark. Tal og Kurver som i Fig. 108.

den varmeste Tid af Aaret; men paa den anden Side bliver Aarstiderne i vort koldt tempererede Klima saa meget mere udprægede, som Middeltemperaturen i Januar—Februar gaar under Frysepunktet, og de absolute Temperaturer jo endog kan synke temmelig langt derunder.

RAUNKIÆR har derefter paavist, hvorledes Hovedparten af de paa et Omraade forekommende Plantearters Livsformer er i Overensstemmelse med de klimatiske Forhold, for hvilke Hydrotermerne er et Udtryk. Og han har godtgjort dette statistisk ved at indordne Arterne i et bestemt System af Livsformer eller biologiske Typer, baseret paa Planternes Tilpasning til at overleve ugunstige Aarstider og karakteriseret ved Arten og Graden af de overlevende vegetative Knoppers Beskyttelse. Hvorvidt en Planteart kan holde sig paa et givet Omraade, beror jo nemlig kun for de enaarige Planters Vedkommende paa, om den har naaet at sætte spiredygtige Frø, der kan bevare deres Spireevne under den ugunstige Aarstid. For de fleraarige Planters Vedkommende maa ogsaa selve Individet bevares, og for dem kommer desuden vegetative Formeringsorganer (Knolde, Løg, Udløbere o. l.) i Regelen til at spille en langt større Rolle for deres Udbredelse over et givet Terræn end Frøene, saa det ogsaa bliver af Betydning, at disse Formeringsskud er beskyttede paa lignende Maade som Foryngelsesknopperne paa Moderindividerne.

RAUNKIÆR opstiller nu 5 Hovedgrupper af Livsformer, af hvilke nogle igen deles i to eller flere Klasser, nemlig følgende[1]):

I. **Luftplanter** eller **Fanerofyter**, ɔ: Planter, hvis overlevende Knopper eller Skudspidser findes paa frit i Luften fremragende Skud. Herunder falder 5 Livsform-Klasser:

1. Stængelsukkulenter (Stængelsaftplanter som Kaktus, forskellige Euphorbiaceer, Asclepiadeer m. fl.).
2. Epifyter (se S. 297).
3. Mega- og Mesofanerofyter ɔ: over 8 Meter høje Træer.

---

[1]) Det maa her bemærkes, at der af andre (f. Eks. WARMING) er anvendt andre Principer for en Inddeling af Planterne efter Livsformer, og at disses Værdi jo altid beror paa, hvorvidt de udtrykker noget for Planterne væsentligt, samtidig med at de er praktisk anvendelige.

4. Mikrofanerofyter ɔ: 2—8 Meter høje Luftplanter.
5. Nanofanerofyter ɔ: $^1/_4$—2 Meter høje Luftplanter.

II. **Jordfladeplanter** eller **Chamæfyter** med kun 1 Klasse:

6. Chamæfyter ɔ: Planter, hvis overlevende Knopper eller Skudspidser sidder paa Skud eller Skuddele, der befinder sig paa Jordoverfladen eller indtil $^1/_4$ Meter over denne.

III. **Jordskorpeplanter** eller **Hemikryptofyter** med kun 1 Klasse:

7. Hemikryptofyter ɔ: Planter, hvis overlevende Knopper befinder sig i selve Jordskorpen; de overjordiske Skud eller Skuddele lever kun een Vækstperiode og dør bort ved den ugunstige Aarstids Begyndelse.

IV. **Jordplanter** eller **Kryptofyter**, Planter, hvis overlevende Knopper er skjulte i Jorden, i en vis Dybde under Overfladen, eller paa Bunden af Vandet; de overjordiske Skud eller Skuddele lever kun een Vækstperiode. Herunder 2 Klasser:

8. Geofyter ɔ: Landplanter, hvis overlevende Knopper findes i en vis Dybde i Jorden, forskellig hos forskellige Arter.
9. Helo- og Hydrofyter, Sump- og Vandplanter, hvis overlevende Knopper findes i vandmættet Bund eller paa Bunden af Vandet.

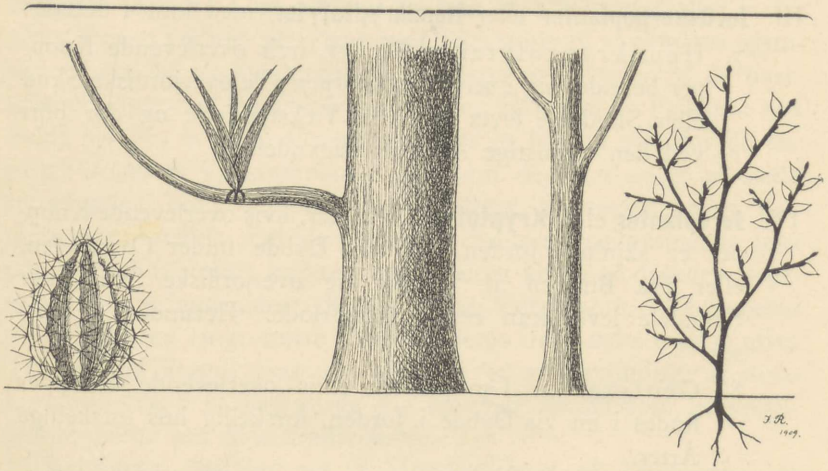
V. **Enaarige Planter** eller **Therofyter**, med kun 1 Klasse:

10. Therofyter ɔ: den gunstige Aarstids Planter, som kun lever een Vækstperiode, og som derfor alene ved den i Frøet indesluttede og beskyttede Kim overlever den ugunstige Aarstid.

Gennem omstaaende skematiske Tegninger (Fig. 111 og 112) har RAUNKIÆR yderligere anskueliggjort, hvorledes disse forskellige Livsformer maa opfattes, og han har saa forøvrigt i sin udmærkede Bog »Planterigets Livsformer«, der udkom 1907, givet en indgaaende Beskrivelse deraf og delt de enkelte Klasser i flere Underklasser, saa han ialt opstiller 30 forskellige Typer.

Af de anførte Livsformer anser han Luftplanterne, Fanerofyterne, for de oprindeligste[1]), og i Overensstemmelse hermed er det da ogsaa dem, der optræder med langt det største Antal Arter i Tropeegne med det gunstigste Planteklima, hvor Aarets Middeltemperatur er høj og ikke underkastet ret store Svingninger, samt hvor der er en rigelig Nedbør og en i det højeste kun ganske kortvarig Tørtid. Saadanne Egne kan da siges at have Fanerofytklima.

Fanerofyter.



Stængelsukkulent. Epifyt. Mega- + Mesofanerofyter over 8 Meter. Mikrofanerofyt. 2—8 Meter. Nanofanerofyt 1/4—2 Meter.

Fig. 111.

Fig. 111—112. Skematisk Fremstilling af Livsformklasserne. De Partier af Planterne, Skudpartier med de overlevende Knopper derimod sorte. Over Figurerne findes

Hvor derimod Tørtiden bliver længere og falder paa den varmeste Aarstid, medens Temperaturforholdene forøvrigt maa siges

[1]) Det bør her tilføjes, at Planternes Gruppering efter Livsformer kun har lidet eller intet med deres systematiske Slægtskab at gøre. Vel er enkelte gamle Familier, som f. Eks. Palmerne, saa at sige udelukkende repræsenterede ved Fanerofyter, og af de Liljeblomstredes Orden er nogle Familier næsten udelukkende Kryptofyter (Løg- eller Knoldplanter), men indenfor samme Familie kan forøvrigt de forskellige Slægter og indenfor samme Slægt de enkelte Arter fordele sig paa de forskelligste Livsformer og have Repræsentanter spredte over de forskelligste Himmelstrøg paa Jorden.

at være gunstige hele Aaret rundt, idet alle Maaneders Middeltemperatur ligger betydeligt over Frysepunktet, og der altsaa ingen egentlig Vinter er, bliver de enaarige Planter, Therofyterne, stærkt fremtrædende, og kan udgøre over Halvdelen af alle forekommende Plantearter. Saadanne Egne, der i Regelen ligger i den subtropiske Zones Vinterregns Omraade, har da Therofytklima.

Men i saa at sige hele den koldt tempererede Zone er Jord-

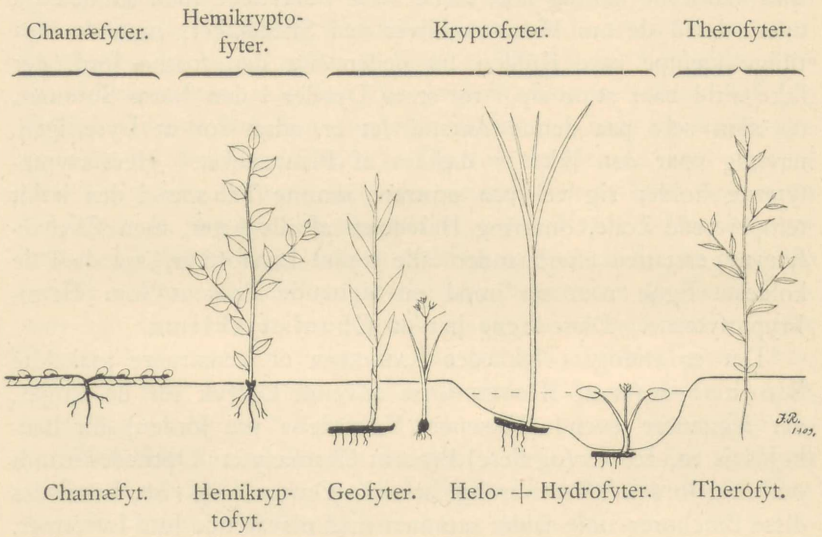


Fig. 112.

som dør bort i den ugunstige Aarstid, er lyse paa Billederne; de blivende Skud eller Navnene paa Livsform-Rækkerne, under Figurerne Navnene paa Livsformklasserne.

skorpeplanterne, Hemikryptofyterne, dem, der karakteriserer Plantevæksten, idet deres Tal gerne andrager Halvdelen eller mere af alle Plantearter. Her bliver en saadan Beskyttelse mod Vinterkulden nødvendig, som Foryngelsesknopperne opnaar ved at være anbragte lige i Jordoverfladen, ofte dækkede af Lavblade og visnede Dele af Sommerskuddene, der paa disse Planter dør bort ved Vegetationsperiodens Slutning, og i Vintermaanederne tillige ofte beskyttede af et Snedække. Ganske vist findes der i saadanne Egne ogsaa en Del store Fanerofyter, der danner udstrakte Skovstrækninger, men dels optræder disse i et forholdsvis

ringe Antal Arter, dels er de ogsaa særligt beskyttede mod Kulde (og Vintertørke) enten ved at optræde med tykke, læderagtige Blade (de stedsegrønne Løv- og Naaletræer) eller ved at kaste deres Løv om Vinteren og lade deres Knopper være beskyttede af tykke Knopskæl. Alt i alt maa saadanne Egne da siges at have Hemikryptofytklima.

Og endelig er det kolde arktiske Omraade karakteriseret ved dets stigende Antal af Jordfladeplanter, Chamæfyter, eftersom Klimaet, navnlig Sommerens, bliver koldere og koldere. Her maa Planterne nemlig ikke alene være beskyttede mod Kulden fra oven, hvad de om Vinteren bliver ved Snedækket, men de maa tillige kæmpe mod Kulden fra neden, fra den frosne Jord, der ikke altid naar at tø op i ret store Dybder i den korte Sommer, og som selv paa denne Aarstid let er udsat for at fryse igen, navnlig naar den ikke er dækket af Plantevækst. Hemikryptofyterne holder sig vel paa omtrent samme Tal som i den koldt tempererede Zone, omkring Halvdelen af alle Arter, men Chamæfyterne erstatter efterhaanden alle andre Livsformer, saa de i de koldeste Egne naar op imod en lignende Procent som Hemikryptofyterne. Disse Egne har da Chamæfytklima.

Det er endogsaa lykkedes Raunkiær at konstruere saakaldte Biochorer (et af Köppen først anvendt Udtryk for de Linjer, der afgrænser levende Væseners Udbredelse paa Jorden) for henholdsvis 10, 20, 30 (og flere) Procent Chamæfyters Optræden rundt omkring Jorden i det nordlige arktiske Omraade og vise, hvorledes disse Biochorer nøje falder sammen med tilsvarende Juni-Isotermer, 10 % Chamæfyt-Biochoren med c. 10° Juni-Isotermen, og 20 % Chamæfyt-Biochoren med c. 4,44° Juni-Isotermen, saaledes at han derefter har kunnet dele det nordlige kolde Omraade af Jorden i en Række vel afgrænsede Zoner efter Livsform-Biochorernes Forløb. Og han har endvidere vist, at det indbyrdes Forhold mellem Livsformerne forskydes paa ganske samme Maade indenfor det nordlige koldt tempererede Omraade i forskellige Højder af Bjærge (i Alperne, Kaukasus, Karpatherne, de skotske Højfjælde), saaledes at man ved en Vandring i Højden gennemskrider regionale Bælter svarende til de biogeografiske Zoner, som passeres ved en Rejse mod Nord.

Raunkiær mener da, at det ved fortsatte Studier af Livsformernes Fordeling skal lykkes at inddele Jorden i en Række planteklimatiske Bælter, der giver et langt paalideligere og fyl-

digere Udtryk for de enkelte Omraaders Livsværdi eller deres Evne til at underholde Plantelivet — og dermed alt andet Liv — end de hidtil gængse Inddelinger, da dette biologiske Reagens paa Klimaet er langt finere og paa en Gang langt mere oplysende end talrige Enkeltmaalinger med fysiske Instrumenter.

Ved en Række statistiske Undersøgelser over Livsformernes Fordeling paa de forskelligste Steder af Jorden har han endvidere godtgjort, hvorledes og med hvor stort Held hans System lader sig anvende i Biogeografiens Tjeneste. For at faa en Maalestok, med hvilken den indbyrdes Fordeling af forskellige Egnes Livsformer kan sammenlignes, har han forsøgt at finde et Udtryk for Forholdet mellem Livsformerne indenfor alle Jordens Blomsterplanter (af forskellige Grunde har han foreløbig maattet se bort fra Karkryptogamerne og de lavere Planter). Og ved en Metode, som der her ikke kan gøres nærmere Rede for, mener han at have faaet disse klassificerede paa en tilnærmelsesvis rigtig Maade. Idet han opstiller en Egns Livsform-Klasser efter en horizontal Række med Angivelse af Procenttallet for hver Klasse, fremtræder de i et Billede, som han har kaldt et biologisk Spektrum, med hvilket andre Egnes tilsvarende Livsform-Spektra da kan sammenlignes. Fordelingen efter Livsformer af alle Jordens Blomsterplanter udgør, hvad han kalder et Normal-Spektrum, og de forskellige Egnes Planteklima maa derefter karakteriseres ved de Træk, gennem hvilke deres biologiske Spektra afviger kendeligt fra dette. Omstaaende Tabel, i hvilken Klasserne er sammendragne i de 5 Hovedgrupper, vil give et Billede heraf.

I hvilken Grad et Omraades biologiske Spektrum er et Udtryk for Planteklimaet, viser sig bl. a. ogsaa deri, at det i Hovedsagen er ens paa de forskelligste Jordbundsformer eller paa ny Jord (f. Eks. alluviale Stranddannelser, nye vulkanske Øer o. l.) indenfor samme klimatiske Omraade, og at f. Eks. den Udveksling af talrige nye Arter, der i de sidste Aarhundreder har fundet Sted mellem Amerika og Evropa, ikke har formaaet at ændre Talforholdet mellem de forskellige Landes Livsformer. Ti kun de Livsformer, der passer til Klimaet, holder sig uden Menneskets Røgt og naturaliseres; de, der ikke egner sig herfor, forsvinder i Konkurrencen med de andre, saa snart den Jord, paa hvilken de vokser, gaar ud af Kultur. Ja, selv Kulturplanterne vil i Hovedsagen afspejle det Lands biologiske Spektrum, i hvilket de ret slaar an.

	Fanerofyter	Chamæfyter	Hemikrypto-fyter	Kryptofyter	Therofyter	
Normal-Spektrum (for hele Jorden)	**47**	9	27	4	13	
Seychellerne	**61**	6	12	5	16	Fanerofytklima
St. Thomas og St. Jan	**61**	**12**	9	4	14	
Ghardaia (Sahara)	3	**16**	20	3	**58**	Therofytklima
Tripolis	6	**13**	19	11	**51**	
Stuttgarts Omegn	9	3	**54**	17	17	Hemikryptofytklima
Danmark	7	3	**50**	22	18	
Island	2	**13**	**54**	20	11	Hemikryptofyt- & Chamæfytklima
Spitzbergen	1	**22**	**60**	15	2	Chamæfytklima
Frants Josefs Land	0	**32**	**60**	8	0	
Puschlav (i Alperne)						
Under 850 Meter	10	5	**55**	9	21	Hemikryptofytklima
850—1200 Meters H.	10	5	**55**	11	19	
1200—1550 —	9	7	**60**	10	14	
1550—1900 —	8	**11**	**62**	11	8	Hemikryptofyt- & Chamæfytklima
1900—2250 —	4	**13**	**68**	9	6	
2250—2550 —	4	**18**	**64**	8	6	
2550—2850 —	0	**25**	**67**	4	4	Chamæfytklima
Over 2850 —	0	**35**	**61**	2	2	

Kun Therofyterne indtager her en Særstilling, idet de i mere fremtrædende Grad beskyttes af Kulturen.

Det var i December 1903, at RAUNKIÆR først i en mundtlig Meddelelse i Dansk botanisk Forening i Kjøbenhavn forelagde Grundlinjerne for den Inddeling af Planterne i biologiske Typer, som her er omtalt. Siden 1905 har han derefter i en Række fortræffelige Afhandlinger med sjælden Stringens og Klarhed ført Tanken videre og underbygget den med et glimrende tilrettelagt Materiale af biologiske og statistiske Undersøgelser, dels baserede paa den foreliggende floristiske Litteratur fra de forskelligste Egne af Jorden, dels paa egne Iagttagelser saavel fra Danmark som fra andre Lande, han i den Anledning har berejst. Det nye Spor, som han hermed har bragt Biogeografien ind i, vil sikkert vise sig overordentlig frugtbart og blive fulgt af talrige Forskere Verden over, saa snart hans Arbejder, der med et Par Undtagelser foreløbig kun foreligger paa Dansk, ved Oversættelser bliver bekendte for videre Kredse. Og de vil da faa den største Betydning saavel for Biologien som for Geografien.[1]) —

Lokale Variationer. Samfund og Formationer. Medens de førnævnte biogeografiske Systemer tilstræber at give en Oversigt over

---

[1]) Skønt der i denne Bog ellers kun undtagelsesvis er henvist til de Afhandlinger og større Værker, hvorpaa Fremstillingen er bygget, skal her dog nævnes RAUNKIÆRS betydningsfulde plantegeografiske Arbejder:

1. Første mundtlige Meddelelse i Dansk botanisk Forening den 5. Decbr. 1903 er kort refereret i »Botanisk Tidsskrift« 26. Bd. Meddelelser p. XIV (1904).
2. »Types biologiques pour la géographie botanique«. Académie Royale des Sciences de Danemark. Extrait du Bulletin de l'année 1905. No. 5. p. 347—437.
3. »Planterigets Livsformer og deres Betydning for Geografien«. Kjøbenhavn (1907). 132 S.
4. »Livsformernes Statistik som Grundlag for biologisk Plantegeografi«. Botanisk Tidsskrift. 29. Bd. p. 42—84. (1908),
5. »Livsformen hos Planter paa ny Jord«. Det kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter, 7. Række, Naturvidensk. og mathem. Afd. VIII, 1. (1909). 70 S.
6. »Formationsundersøgelse og Formationsstatistik«. Botanisk Tidsskrift. 30. Bd. p. 20—132. (1909).

Organismernes Fordeling over hele Jorden og — for de to sidstes Vedkommende — er baserede paa Varme- og Nedbørsforholdenes Indflydelse herpaa, vil man indenfor snævrere Omraader træffe Grupperinger, for hvilke andre klimatiske Faktorer, som Lyset og Vinden, Forholdet mellem Organismerne indbyrdes og navnlig Jordbundsforholdene (ɔ: de saakaldte edafiske Faktorer) er medvirkende. Og herefter ordner Planter og Dyr sig i Samfund og Formationer af en ofte meget broget Beskaffenhed, i hvilke de forskellige biologiske Typer (Livsformerne) og Arterne kan være blandede mosaikagtig sammen. En særlig Gren af Biologien, Formationslæren, søger da at udrede, hvorledes de enkelte Floraers og Faunaers Arter grupperer sig paa den samme Bund, i et vist Milieu, og en anden, Økologien, søger at efterspore Aarsagerne til denne Gruppering, idet den undersøger og bestemmer de paa de enkelte Lokaliteter givne Kaar og de enkelte Arters af deres Bygningsforhold betingede Livskrav for derigennem at paavise Forholdet mellem Krav og Kaar (Raunkiær).

Skønt man endnu er langt fra at have naaet de Maal, der hermed er satte for den biogeografiske Forskning, er man dog i Stand til at foretage en oversigtsmæssig Inddeling og angive, hvilke Faktorer det øjensynligt er, som i Hovedsagen er bestemmende for de paagældende Grupperinger, samt til at paavise visse Ejendommeligheder i Organismernes Bygning, som gør dem særligt skikkede til at leve under de givne Kaar.

Indelingen af saadanne Samfund og Formationer kan for Planternes Vedkommende f. Eks. ske

a) Efter deres ydre Fysiognomi. Herefter har man fra gammel Tid uden videnskabelig Begrundelse sondret mellem saadanne Formationer som Skov, Krat, Steppe, Hede, Mose, Ørken o. s. v., og alle Kultursprog indeholder Betegnelser for disse.

b) Efter deres Tilpassethed i Bygning til Livskaarene. Hvis man her fortrinsvis tager Hensyn til Fugtighedsforholdene, faar man saadanne større Grupper som Hygro-, Meso- og Xerofyter, eftersom de er tilpassede til stor, middel eller ringe Fugtighed, og indenfor disse Grupper kan der da igen optræde ret forskellige Formationer efter Livsformerne og Arterne, f. Eks. baade Xerofyt-Skove, Xerofyt-Krat, Xerofyt-Stepper o. s. v., dannede af Livsformer, der i andre Henseender kan være yderst forskellige, men alle med det Træk fælles, at de er tilpas-

sede til stor Tørhed[1]) og ringe Fordampning. — Foretages Inddelingen efter Forholdet til en Faktor som Lyset, faar man f. Eks. Samfund af Lys- og Skyggeplanter. Er det indbyrdes Forhold mellem Organismerne det afgørende, kan vi sondre mellem Samfund af Slyngplanter (Lianer), af Epifyter (se S. 297), af Snylteplanter o. s. v.

c) Efter Voksebundens Beskaffenhed. WARMING og VAHL opstiller her en Række Samfundsklasser, hver tilpassede til sin særlige Voksebund, som Sumpbunds- (Helofyter), sur Bunds- (Oxylofyter), kold Bunds- (Psykrofyter), salt Bunds (Halofyter), Klippebunds (Lithofyter), Sandbunds Planter (Psammofyter) o. s. v. Og tilsvarende Samfund vilde kunne paavises for Dyrenes Vedkommende efter de Opholdssteder, de foretrækker eller alene vælger.

Paa alle saadanne Enkeltheder skal vi nu ellers ikke komme nærmere ind, idet der herom maa henvises til den økologiske Litteratur. Vi skal blot kortelig som Eksempler omtale nogle af de vigtigste Formationer og Samfund, der karakteriserer Plantedækket paa forskellige klimatiske Omraader og Jordbundsformer.

Naar der indenfor samme geografiske Zone og — hvad Temperaturen og Nedbøren angaar — væsentligst samme Klimaomraade kan findes saa forskellige Vegetationsformationer som Skov, Mose, Hede, Klitter o. l., saa afhænger dette i Regelen af Jordbundsforholdene (de edafiske Faktorer) og navnlig af Grundvandstandens Højde og den Lethed, hvormed Nedbøren siver ned igennem eller løber bort hen over Jorden.

Skovformationen kræver saaledes i Regelen, at der er rigeligt — men heller ikke for meget[2]) — af Vand i ikke for store Dybder af Jordbunden, og at dennes Temperatur ikke er for lav, saa Vandoptagelsen gennem Rødderne bliver hæmmet. Men saa

[1]) Saadanne Xerofyter eller xerofile Planter kan imidlertid godt optræde paa en Jordbund, i hvilken der er Overflod af Vand, men hvor Vandoptagelsen hæmmes paa Grund af en lav Temperatur, der overhovedet nedstemmer al Rodvirksomhed, eller paa Grund af stort Saltindhold i Vandet. SCHIMPER har kaldet saadanne Voksesteder, hvortil f. Eks. hører Moser og Tundraer, Strandbredder og Saltsumpe, for fysiologisk tør Bund, og man træffer her virkelig en Mængde Planter med udpræget xerofil Bygning i Blade og Stængler (se S. 114—15 og Fig. 76).

[2]) Kun undtagelsesvis forekommer Skove ogsaa paa udpræget vaad Bund, som særegne Sumpskove i de kolde, varmt tempererede og tropiske Zoner eller Mangroveskovene ved Tropernes Kyster (se Figg. 77 og 78, S. 115 og 116).

kan forøvrigt Skovene have en yderst forskellig Karakter, saavel hvad Livsformer (Underafdelinger af Fanerofyter) som Arter angaar.

Den største Yppighed og Rigdom paa Arter træffer vi i de tropiske og subtropiske stedsegrønne Regnskove, hvor ikke alene Jordbunden, men ogsaa hver Plet af Stammer og Grene, hvortil Lys kan trænge, er saaledes udnyttet af tildels klatrende og epifytiske Planter, at det hele danner en næsten uigennemtrængelig Urskov (Fig. 113). Og netop fordi de større Træers Kroner ikke giver den dybe Skygge, som f. Eks. vore Bøge- eller Granskove, bliver det muligt for saa mange andre Planter af alle mulige Størrelser at leve under og mellem dem. I koldt tempererede Klimater med rigelig Nedbør, men hvor Vinteren kan være streng, findes løvfældende Skove, der enten dannes hovedsageligt af ét fremherskende Træ (som Bøge-, Ege-, Lærke- og Birkeskove) eller (som Blandingsskovene i Nordamerika og Japan) af flere forskellige Træarter. Men i de samme Egne kan der ogsaa forekomme stedsegrønne Skove af Naaletræer (Fyr og Gran), som paa den anden Side ogsaa kan træffes i tørre Klimater (i den varmt tempererede Zone) eller paa tør Bund (Sandsletter, Klitter o. l.). — Stedsegrønne Løvtræsskove (af forskellige Egearter, Oliven, Eucalyptus m. fl.) kan findes i de varmt tempererede eller subtropiske tørre Egne, og ejendommelige bladløse Casuarinaskove træffer man f. Eks. i Australien.

Det ses altsaa, at der af Skovformationer optræder en Mængde forskellige Varianter, og skønt de Livsformer, Fanerofyterne, der giver Skoven dens Fysiognomi, jo fortrinsvis hører hjemme i de varme Egne af Jorden, er Skovenes Udstrækning vel endda forholdsvis større i koldere Klimater (som Skandinavien, Rusland, Sibirien, Nordamerika), hvor Træernes Højde og Tæthed (Skovformationens Yppighed) som Regel overgaar de varmere, men tørrere Egnes (derimod ikke den tropiske Regnskovs). Kun er Antallet af de Arter Fanerofyter, der danner Skove, des ringere, jo koldere Klimaet er.

Hvor Nedbøren eller Jordens Vandholdighed paa Grund af for hurtig Gennemsivning eller Fordampning bliver for ringe til egentlig Skovdannelse, kan vi i Stedet træffe Krat, Savanner (ɔ: Stepper med enkeltstaaende, spredte Træer), Hede o. l., der tilsidst kan gaa over i den rene, næsten vegetationsløse, Ørken. Og indenfor samme snævre Omraade som f. Eks. et lille Land



Fig. 113. Tropisk Regnskov (Urskov) i Syd-Mexiko. Træstammerne og Grenene er overalt besatte med slyngende, klatrende og epifytiske Planter, og hver Plet af Jorden er ogsaa dækket af Planter.

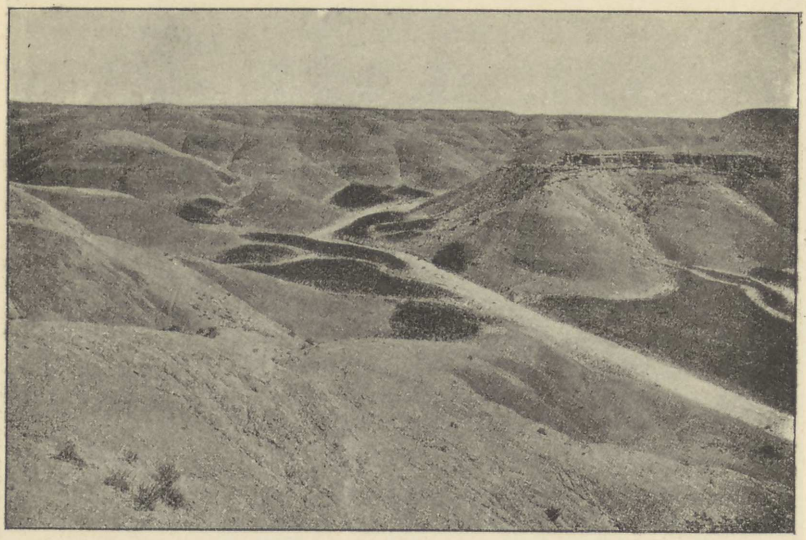


Fig. 114. Ørken (»bad lands«) i Syd-Dakota (Nordamerika). Paa den ellers nøgne Jord ses hist og her nogle Græstuer.

som Danmark kan vi træffe alle Overgange mellem disse Yderpunkter i Vegetationens Frodighed. Den jyske Halvø vil i saa Henseende afgive et illustrerende Eksempel. I dens østlige Del

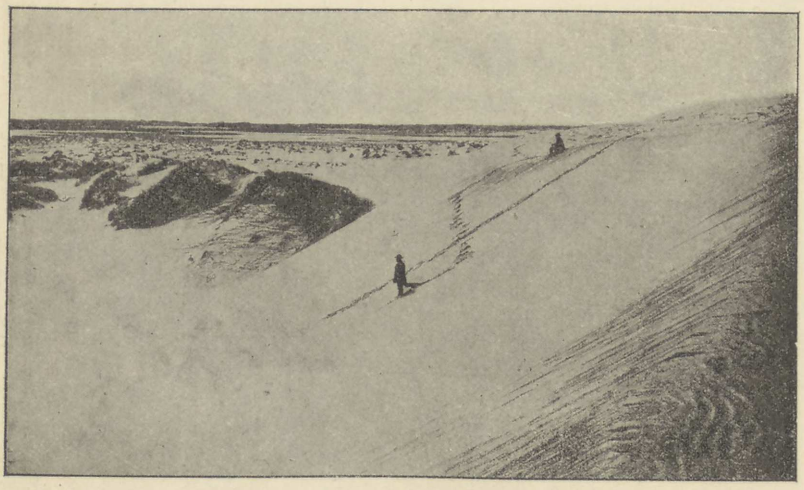


Fig. 115. Dansk Ørken. Raabjerg Mile i Nærheden af Skagen. Flyvesandet er her paa store Strækninger absolut vegetationsløst.

træffer vi de skønneste Bøgeskove (ogsaa en hel Del Eg), medens Midt- og Vestjylland hovedsagelig er Lynghede med naturlige Kratskove af Eg og Bævreasp eller store ved Kunst frembragte Skove af Naaletræer, og endelig vil der i Klitbræmmen langs Vestkysten kunne findes veritable Ørkenpartier (som paa Skallingen eller Raabjerg Mile, se Fig. 115), der dels paa Grund af Tørhed i Bunden, dels paa Grund af Flyvesandets Letbevægelighed er saa godt som vegetationsløse.

Ellers optræder de store sammenhængende Ørkenomraader jo kun i varmere, regnfattige Egne, særlig i de subtropiske og varmt tempererede Zoner, og at det her alene er Vandmangelen, som er Aarsagen til Ørkenformationen, ses deraf, at der i saadanne Egne kan være indstrøede Oaser (se Fig. 116) med den frodigste Trævækst, saa snart der fra en Kilde, en Flod eller ved kunstig Vanding tilføres Jordbunden det manglende Element. — Dog helt blottet for Vegetation er Ørkenerne jo i Regelen ikke. De har foruden mange kortlevende (efemere) Therofyter, der kun lever i Regntiden, deres særegne Flora af Xerofyter (hvoraf en stor Del Sukkulenter, se S. 346 og 348), som dels kan overleve mange Maaneders Mangel paa Nedbør, dels ved dybt-



Fig. 116. Randen af Biskra-Oasen i Sahara. I Forgrunden Ørkenen.

gaaende Rødder eller et særlig vidtspændende Rodsystem kan opsamle den nødvendige Fugtighed fra Bunden og dels endelig undertiden ved ejendommelige Haardannelser kan opsamle den Fugtighed, der i Form af Dug sætter sig paa dem i kølige Nætter.

Hvor Nedbøren enten paa Grund af en hurtig Fordampning ikke formaar at danne Vandbeholdninger i en passende Dybde af Jorden, eller den kun falder om Vinteren og Foraaret, men udebliver i en lang, varm Sommer, kan Skoven erstattes af en Steppeformation, bestaaende af forskellige tæppe- eller tuedannende fleraarige Græsser med xerofil Bygning og ofte tillige af en Mængde andre dels enaarige Planter, dels urteagtige Løg- og Knoldvækster, der kun vegeterer en kort Tid i Foraarsmaanederne, medens de Resten af Aaret hviler i vissen og halvvissen Tilstand over Jorden eller helt under denne. Saadanne udstrakte Formationer er de russiske og centralasiatiske Stepper, Pustaen i Ungarn, Prærierne i Nordamerika, Pampas, Llanos i Sydamerika o. s. v. — I nogle Egne (Centralasien, Spanien) er Jordbunden saa rig paa Kogsalt, at kun særlige Planter (Salturter, Korsblomstrede o. l.) kan vokse i den, hvorved der fremkommer Saltstepper af en ganske ejendommelig Karakter.

Paa fugtig og kold Bund i de koldt tempererede og arktiske Egne dannes særlige Plantesamfund, Kær, Moser, Tundraer o. l., og hertil slutter sig som vistnok nærmest beslægtede Formationer de ved Kunst frembragte Alpemaatter og Enge. De sidste vil dog som Regel gaa over i Skov, hvis de overlades til sig selv.

Endnu skal kun nævnes, at nøgne Klipper og Strandbredder hver især kan danne ejendommelige Formationer, dels paa Grund af Bundens fysiske Beskaffenhed, dels (for de sidstes Vedkommende) tillige paa Grund af deres Indhold af Saltvand. Men forøvrigt findes der endnu en Række karakteristiske Vegetationsformationer, som vi her maa forbigaa. —

Naar der indenfor de enkelte Formationer findes visse fremherskende Plantearter, taler man ofte om Associationer som f. Eks. Bøgeskov, Lynghede, Kæruldsmose o. l. Og indenfor Associationerne kan igen pletvise rene Bevoksninger af en enkelt Art danne saakaldte Facies, som f. Eks. i Bøgeskove Anemoner, i Naaleskove Skovsyre eller Bregner, paa Heder visse Lavarter, som Rensdyrlav o. s. v.

Og de forskellige Planter, der danner en Formation eller As-

sociation, staar som Regel i det nøjeste indbyrdes Forhold til hinanden, saaledes at den ene ofte betinger den andens Eksistens. Men om al den gensidige Paavirkning, der kan være Tale om, saavel som om særlige Tilpasninger til Fugtighed, Varme, Lys o. s. v. maa der henvises til de foregaaende Afsnit af denne Bog. —

Hvad angaar Dyrenes Fordeling indenfor et givet Omraade og deres Tilpassethed til og Afhængighed af ydre Faktorer, saa har man vel — som nævnt — ogsaa i de senere Aar anstillet økologiske Undersøgelser for visse Gruppers, dog særligt Havdyrs, Vedkommende, og har paa tilsvarende Maade som for Planterne opstillet Formationer, Associationer, Facies o. s. v., men nogen samlet Oversigt over Landdyrenes Økologi er endnu ikke given.

Man har forsøgt forskellige naturlige Inddelinger efter Dyrenes Opholdssteder og f. Eks. paavist iøjnefaldende fælles Træk hos de Former, der lever henholdsvis i Skove, paa Stepper, i Ørkener o. s. v. Da Variationerne i Temperatur og Luftfugtighed er ringere i Skoven end paa den aabne Jord, og der i den første ogsaa gennemgaaende vil findes forholdsvis rigeligt af vegetabilsk Føde hele Aaret rundt, vil Skovens Dyr i Almindelighed være mere forvænte og mindre modstandsdygtige mod ugunstige Livskaar end andre. Man vil blandt dem ogsaa finde paafaldende mange klatrende, springende, flyvende og flagrende Former, men naturligvis vil deres Udrustning, Levevis og Arter variere stærkt med den Slags Skove, til hvilke de er knyttede, og med de Klimater, under hvilke de forekommer. — Derimod maa Steppens og Ørkenens Dyr kunne taale store Svingninger i Temperaturen, Fugtigheden og Næringsmidlernes Mængde. De har ofte Jordbundens eller Vegetationens fremherskende Farve; de er tit fortrinlige Løbere og Springere, og deres Legeme har da en dertil indrettet Bygning. Og naar Næringen, paa Grund af Tørke eller Kulde, eller fordi den ædes op, bliver for knap, kan de foretage lange Vandringer over store Afstande, under hvilke de ogsaa undertiden trænger ind i Skovene. Mange Steppe- og Ørkendyr har en Hviletid i den kolde eller tørre Periode. Flere Pattedyr og en Mængde koldblodige Dyr sover saaledes Vinter- eller Sommersøvn eller gaar i en fuldstændig Dvaletilstand; det sidste gælder f. Eks. mange Ørkensnegle, der i Tørtiden lukker deres Skal ganske lufttæt til og da hverken indtager Føde eller aander.

I alle de her nævnte Tilfælde er der en nøje direkte eller in-

direkte Sammenhæng mellem Dyre- og Plantelivet, medens de rent fysiske Faktorers Indvirkning paa Dyrene først kommer i anden Række. Ti det er f. Eks. hovedsageligt, fordi Kulden og Tørken hæmmer Planternes Udvikling, at Dyrene — af Mangel paa Næring — da ogsaa maa indstille deres Livsvirksomhed.

Men en biologisk-økologisk Inddeling af visse Dyresamfund er ogsaa forsøgt med andre Principer som Basis, f. Eks. eftersom de foretrækker Lys eller Mørke (Dag- og Natdyr, Beboere af den aabne Mark eller af Skovens Skygge, af Gange, Huler eller Grotter under Jordens Overflade), eftersom de er i Stand til at flyve (Fugle, Insekter) og svømme (mange Pattedyr, Fugle og Krybdyr), eller de er jordbundne o. s. v. Men i kun faa af disse Tilfælde er man dog naaet ind til en finere Analyse af de primære Faktorer, der præger og bestemmer Dyrenes Levevis, eller til at give en mere omfattende Fremstilling af et Omraades samlede Dyreverdens Økologi. Opgaven er sikkert ogsaa adskilligt vanskeligere end for Planternes Vedkommende, saa vi maaske kommer til at vente endnu en Tid paa en nogenlunde fyldestgørende Fremstilling af de mange herhen hørende iøvrigt meget interessante Forhold. I alle Tilfælde er der nu gennem Planteøkologien givet et Forbillede for en tilsvarende Behandling af Dyreøkologien, saa man maa haabe, at Zoologerne snart med lignende Energi som Botanikerne vil kaste sig over denne Side af Biologien.

Vandenes, særlig Havets, Organismer.

Langt den største Del af Jordens Organismer lever i Vandet. Ti ikke blot dækker dette omtrent de tre Fjerdedele af vor Klodes Overflade, og det indtil Dybder, der overgaar de største Bjerges Højde, men medens Landorganismerne som før nævnt er indskrænkede til at færdes paa og i de allerøverste Jordlag i højst nogle faa Meters Dybde, kan der findes levende Væsener i alle mulige Dybder af Vandet, mellem dets Overflade og dets Bund. Og da Livsbetingelserne endelig tillige er særlig gunstige i Vandet i Sammenligning med, hvad de i Almindelighed er paa Landjorden, er det første ogsaa relativt rigere paa Liv end den sidste.

Men det er kun en forholdsvis ringe Del af Vandets Organismer, man har kendt førend for ganske nylig. De større, for Øjet umiddelbart synlige, Dyr og Planter, der lever i de ferske Vande, ved Kysterne og i de overfladiske Lag af Oceanerne, har man na-

turligvis aldrig kunnet undgaa at lægge Mærke til, men det var ikke før omkring Midten af forrige Aarhundrede, at man paabegyndte en nøjere Efterforskning af den Verden af mikroskopiske Væsener, der befolker saavel de ferske Vande som Havene, eller at man fik Nys om, at Livet i disse ogsaa gaar i Dybden, ja endogsaa kan være særlig rigt paa betydelige Dybder. Indtil da mente man almindeligt, at de dybere Vandmasser var at betragte som en livløs Ørken, hvor det ikke var muligt for noget levende Væsen at eksistere. Og de første Fund af Dyr, der blev gjorte ved Dybdelodninger og ved Optagelsen af de først nedlagte, i Aaret 1860 bristede, Telegrafkabler mellem Irland og Nordamerika samt mellem Sardinien og Nordafrika, vakte derfor den største Forundring og den mest levende Interesse.

For at faa nærmere Besked om Havdybenes Naturforhold er der saa senere fra forskellige Lande bleven udrustet en Række Dybhavsekspeditioner, af hvilke den berømteste udgik med Korvetten »Challenger« fra England i 1872 og i omtrent 4 Aar foretog talrige Dybdelodninger, Temperaturmaalinger og Trawlinger omkring i alle de større Oceaner over hele Jorden. Det paagældende Skib var udstyret med de for den Tid mest moderne Instrumenter, der betjentes af en Stab af fremragende Forskere fra næsten alle Naturvidenskaber, med Assistance af Fotografer, Tegnere o. s. v., der hver i sit Laboratorium undersøgte og indsamlede det forskelligartede Materiale, som de fik op fra Havbunden. Og senere har en Mængde andre Specialister paa forskellige Omraader fra næsten alle civiliserede Lande været behjælpelige med at bearbejde de rige Fund, som Ekspeditionen bragte med hjem, saa den naturvidenskabelige Litteratur derigennem er bleven beriget med et Værk, der er ganske enestaaende i sin Art, og som mere end maaske noget andet har bidraget til at udvide Kendskabet til Livet paa vor Klode. Men fra hver af de mange lignende Ekspeditioner, der senere er udsendte, er der dog stadig bragt nye Fund af en Mængde hidtil ukendte Organismer frem, da det jo dog kun kan være paa forsvindende smaa Partier af Havbunden og de dybere Vandlag i Oceanernes vældige Omraade, at Samle- og Fangstapparaterne kan komme til at virke. Vi har derfor Grund til at vente Opdagelsen af endnu en Mængde ukendte Væsener af ikke mindre overraskende Former end dem, man nu har lært at kende fra Dybet, samtidig med at Mikroskopet bestandig afslører tilsvarende Vidundere blandt de usynlige Organismer i Vandenes øvre Lag.

Og alle disse Fund har ikke blot rent teoretisk Interesse ved at tilfredsstille vor Trang til at udforske de Hemmeligheder, Naturen hidtil har holdt skjult for os, og uddybe vor Forstaaelse af Livet og dets Love. Men de har tillige den største praktiske Betydning, idet de har afsløret Rigdomskilder, der paa mangfoldige Maader kan komme Menneskeheden til Gode, saaledes at vi i stadig stigende Grad kan lægge ogsaa Havet ind under vort Herredømme og tage den Del af vor Klode i Besiddelse, paa hvilken vi ikke selv kan bo. Det er da intet mindre end Opdagelsen af nye og rige Verdensdele, som har fundet Sted nu i vor Tid, og som maaske vil vise sig at faa en lignende Betydning for Menneskeheden som Opdagelsen af de store Kontinenter paa den anden Side af vor Klode i sin Tid fik. Ti først naar vi har lært Havets Rigdomme at kende og ved, hvorledes de skabes og er fordelte, kan vi tilfulde udnytte dem.

De almindelige Livsbetingelser i Vandet og Organismernes Tilpasning til disse er i det foregaaende (se S. 110—123, 136, 195—197, 204—206, 213—215, 221—227) saa ofte og indgaaende behandlet, at vi her kan nøjes med at give en Rekapitulation af nogle Hovedpunkter med Fremhæven af Forskellighederne mellem Livskaarene paa Land og i Vandet og af de Faktorer, der bliver de afgørende for Organismernes Fordeling i dette.

Tager vi alene Hensyn til de Vande, der ikke (som visse Søer og Floder) periodisk tørrer ind, har Organismerne deri jo intet at frygte fra den Fare, der vel i Almindelighed er den største for deres Fæller paa Landjorden: Mangelen paa Vand. De mange Beskyttelsesmidler mod for stærk Udtørring og Fordampning, som Landorganismerne er udstyrede med, og som for en stor Del bestemmer deres Livsformer, er altsaa overflødige for Vandets Beboere. Af de øvrige nødvendige Næringsstoffer vil vistnok de navnlig for Planterne saa vigtige uorganiske Forbindelser (se S. 85 ff.) næsten altid findes i tilstrækkelig Mængde for selv den yppigste Vegetation, i hvert Fald i Havvandet. De vil dertil paa Grund af Strømninger og Diffusion være jævnt fordelte over store Omraader, og de Bekymringer, der fra visse Sider er udtalte for, at der undertiden skulde kunne blive Mangel paa saadanne vigtige Stoffer som Kvælstof, Fosfor- og Kiselsyre, er næppe tilstrækkeligt begrundede i almindelige plantefysiologiske Betragtninger. Derimod vil der nok lejlighedsvis kunne blive Tale om, at Vandets

Indhold af Ilt (se S. 200) kan blive for ringe til Aandedræt, Vækst o. lign. Virksomheder, medens der næppe vil kunne blive Mangel paa fri Kulsyre, som Havets umaadelige Beholdning af Karbonater altid vil fraspalte i de fornødne Mængder (se S. 92).

Overfor den anden store Fare, som Landorganismerne har at kæmpe imod: for lav eller for høj Temperatur og de altfor bratte Svingninger imellem disse, er Vandets Organismer ogsaa langt mindre udsatte. Paa Grund af Vandets store Varmefylde (se S. 233) opvarmes og afkøles det meget langsommere end f. Eks. Luften og de faste Bestanddele af Jordbunden, saa det holder længere paa den Varmemængde, det en Gang har modtaget. Og da det er en forholdsvis god Varmeleder, bliver der aldrig bratte eller større Temperaturdifferenser mellem tilstødende Vandlag, der befinder sig i Ro. Kun fordi det rene (ferske) Vand har sin største Vægtfylde ved 4° C., og det salte (Havvand) ved en noget lavere Temperatur, under Nulpunktet, men dog ogsaa altid over dets Frysepunkt, har de til disse Temperaturer afkølede Vandlag en Tilbøjelighed til at synke til Bunds og derved unddrage sig de Svingninger i Varmegraden, som de øvre Lag paa Grund af Bestraaling, Ledning fra Luften, Fordampning o. l. er udsatte for. Paa de store Dybder er derfor Temperaturen i Regelen konstant hele Aaret rundt, saa de Organismer, der findes her, i deres daglige Liv slet ikke har nogen Fare fra denne for Livet ellers saa vigtige Faktor at regne med. Og som sagt er Svingningerne indenfor de mere overfladiske Vandlag ogsaa forholdsvis ringe og langsomme, saa der ikke kræves nær saa stor Plasticitet overfor Temperaturforandringer hos Vand- som hos Landorganismer for at være i Stand til at leve under forskellige Himmelstrøg eller skaffe sig Udbredelse over større Omraader (se forøvrigt herom senere).

Med Hensyn til Lyset er Vandorganismerne derimod noget ugunstigere stillede end deres Fæller paa Landjorden. Ti Lyset svækkes jo altid ved Absorption af Vandet. Længere end til 300—400 Meters Dybde naar næppe nogen Solstraale ned, selv i det mest gennemsigtige Vand, og allerede ved 150 Meter er Lyset blevet saa svagt, at det kun kan udnyttes af visse Skyggeplanter. Og som Fyrsten af Monaco (der er en bekendt Havforsker) har gjort opmærksom paa, er det kun de Straaler, som rammer Vandfladen under store Vinkler, der formaar at trænge dybere ned, saa Dagens Længde afkortes med Dybden, fordi de skraat indfaldende Straaler absorberes af de øvre Vandlag. Men kan der

være Planteliv i c. 100—150 Meters Dybde, er det jo alligevel betydelige Vandlag, det her drejer sig om. At den tilførte Lysenergi staar i Forhold til den geografiske Bredde og Vandets Gennemsigtighed, siger sig selv, og som vi skal se, har Lysfordelingen ogsaa en afgørende Indflydelse paa Organismernes Optræden og Fordeling.

En Faktor af særlig Betydning er Vandets Saltholdighed. Det har vist sig, at den i højeste Grad er bestemmende for Fordelingen af Arterne, saaledes at endog kun smaa Forskelligheder deri — udtrykte i Brøkdele af Procent — f. Eks. i forskellige Afdelinger af et Indhav som Østersøen eller mellem en Strøm og det omgivende Vand, vil kunne give sig Udslag i en helt forskellig Artssammensætning af Faunaen og Floraen. Og derfor er der den udprægede Forskel mellem de ferske og de salte Vandes Organismer, af hvilke de fleste er tilpassede til en ganske bestemt Saltholdighed. Dette er nærmere udviklet S. 225—27, hvorfor her kun skal understreges, at det ikke er som Næringsstoffer, men ved deres osmotiske Virkninger, ved deres Indflydelse paa Vandets Vægtfylde, dets Viskositet, dets Absorptionsevne overfor Luftarter og Forskydningen af dets Frysepunkt o. l., at Saltene først og fremmest har Betydning. Om Indholdet af organiske Stoffer, af Gifte o. l. se S. 222 og 224—25.

Den Indflydelse, som de store atmosfæriske Tryk, der hersker i dybere Vandlag, har paa Organismen, er omtalt S. 195—97, og Bølgeslags, Brændingers, Tidevandes og Strømningers rent mekaniske Virkninger er behandlede S. 213—15.

Endvidere maa nævnes, at ogsaa Bundens Beskaffenhed spiller den største Rolle for Fordelingen af Vandenes Organismer, ikke blot for dem, der er fasthæftede til Bunden, men tillige for alle de mange andre, hvis Forekomst igen er afhængig af hine. Den løse sandede Bund, Mudderet, den faste Klippebund eller den af løse Sten o. l. dækkede Bund har hver deres Plante- og Dyreliv. Og dette kan igen være forskelligt efter Bundens kemiske Beskaffenhed, f. Eks. eftersom Sandet udgøres af Kvarts- eller Kalkkorn (Koralsand), og efter de Mineralier, Klippen og de løse Stene bestaar af.

Og endelig spiller det indbyrdes Forhold mellem Organismerne en lignende Rolle som paa Landjorden, saaledes som det er udviklet S. 270—325, og som vi forøvrigt i det følgende igen skal vende tilbage til.

Alt i alt vil det ses, at Vandene gennemgaaende byder langt

gunstigere Kaar for Livet end Landjorden. Intet Under derfor, at de ogsaa viser sig at være rigere befolkede, og at de efter alt at dømme har huset levende Væsener før det tørlagte Land.

Sammenligning mellem de ferske og de salte Vandes Organismer. Paa S. 221—24 er der givet en Oversigt over de vigtigste fysiske og kemiske Forskelligheder mellem fersk og salt Vand. Hvad angaar de Faktorer, der har Betydning for Livet, synes Variationerne heri ikke at være store, sammenlignede med Forholdene paa Landjorden, hvor jo navnlig de klimatiske Faktorer varierer i langt højere Grad. Og tænker man paa, at næsten alle ferske Vande gennem Floder og mindre Vandløb staar i direkte Forbindelse med Havene, saaledes at Passagen mellem disse maatte synes langt lettere end f. Eks. mellem forskellige Omraader af Landjorden (se S. 336—37), skulde man vente at finde de ferske Vandes og Havenes Organismer i høj Grad blandede imellem hverandre eller rettere sagt finde en Mængde Former, der var fælles for dem begge. Men dette er nu langt fra Tilfældet. Tværtimod er Forskellighederne her i højeste Grad udprægede og langt større end mellem baade de forskellige Omraader af Landjorden og indbyrdes mellem henholdsvis de ferske Vande og Havene under de mest forskellige Himmelstrøg.

De ferske Vandes Organismer har derimod mange Berøringspunkter med Landjordens. I Modsætning til de salte Vande indeholder de f. Eks. et stort Antal af Blomsterplanter, Vandbregner og Mosser, af hvilke flere igen er tilpassede til delvis at føre deres Liv i Luften, som de, der har flydende Blade, de, hvis Skud eller Blomsterstande rager op over Vandet, de, der som ægte Amfibier baade kan forekomme i Vand og paa Land o. s. v., medens saadanne Former er yderst sjældne i salt Vand. Algefloraen, der væsentligst bestaar af grønne og blaagrønne Alger, har de ogsaa for en stor Del fælles med Landjordens, medens kun ganske faa af Havets talrige Algeformer forekommer udenfor det salte Vand. Blandt de ferske Vandes Dyr er der mange, som kun tilbringer en Tid af deres Liv (som Larver) i Vandet, men senere lever paa Landjorden. Mange kan som Æg. Sporer, Kyster eller fuldt udviklede Dyr taale Indtørring, hvorfor de let spredes med Vinden, Fugle, Insekter o. l. fra det ene Vand til det andet. De fleste Amfibier er knyttede til fersk Vand, men der er dog et ikke ganske ringe Antal Dyr, som baade kan leve i fersk og salt Vand,

og som foretager regelmæssige Vandringer fra det ene Omraade til det andet; herpaa er der nævnet nogle Eksempler S. 225—26.

Højst paafaldende er den store Ensartethed, som de ferske Vandes Flora og Fauna viser paa de forskelligste Steder af Jorden. Men rigtignok er disse Vande endnu kun meget mangelfuldt undersøgte de fleste Steder paa Jorden og særlig i den ækvatoriale Zone.

Havets Dyre- og Planteverden er mere eksklusiv. Den synes at være bleven staaende paa et mere oprindeligt Udviklingsstadium end de ferske Vandes og Landjordens. Af Planterne er Algerne aldeles dominerende, og der findes kun nogle ganske faa Arter af enkimbladede Blomsterplanter (slet ingen Nøgenfrøede eller Tokimbladede), af hvilke nogle endda er Brakvandsformer eller fælles for salt og fersk Vand. Den umaadelig rige Dyreverden er ogsaa næsten udelukkende repræsenteret af ældre, lavere, Former, og Udviklingen er væsentligst standset ved Fiskene som de højest udviklede af de Dyr, der helt er tilpassede til Livet i Vand, d. v. s. som til deres Aandedræt kan nøjes med den i Vandet absorberede Ilt, eller ogsaa er den gaaet i andre Retninger end paa Landjorden. De Krybdyr- og Pattedyrformer, der lever i Havet, aander ved Lunger, og kan ikke undvære den direkte Optagelse af Ilt fra den frie Atmosfære. Sandsynligvis stammer de da ogsaa alle, og selv saa udprægede Vanddyr som Hvalerne, fra Landorganismer. Men langt den overvejende Mængde af Havets Dyr hører til de hvirvelløse, og de laveste Former som Slimdyr og Infusorier er overordentlig talrigt repræsenterede.

For Overflade- og Kystlivets Vedkommende synes der at være langt større Forkelligheder m. H. t. Artsfordelingen efter geografiske Zoner og efter de tilgrænsende Landomraader (bl. a. Kystbundens Beskaffenhed) i Havet end i de ferske Vande. Men da der jo ikke findes absolut uoverstigelige Barrierer mellem nogen Del af Verdenshavene, og kraftige Strømme kan tjene som udmærkede Befordringsmidler over store Afstande, er Forskellighederne i Sammenligning med dem, der findes mellem de enkelte Omraader af Landjorden, dog forholdsvis ringe. Og Dybhavsfaunaen er i Hovedtrækkene saa at sige ens over hele Jorden.

Idet vi nu i det følgende lader de ferske Vandes Organismer træde noget mere i Baggrunden under Henvisning til, hvad der tidligere er anført om dem, vil vi behandle alle Vandorganismer under ét, kun inddelte i de store Grupper af Livsformer, under hvilke de for Øjeblikket oftest behandles i Litteraturen.

Livsformer og Samfund. Medens Fugtigheden og Temperaturen er de Faktorer, til hvilke Landjordens Organismer fortrinsvis er tilpassede i Bygning og Levevis, har man hidtil ikke hos Vandorganismerne i Almindelighed kunnet paavise særlige Bygningsforhold, der korresponderer med de Temperaturer, som er bestemmende for deres Forekomst[1]). Men da Temperaturen jo ogsaa er en overordentlig vigtig Faktor for dem, vil der sikkert dog findes saadanne Tilpasninger i Cellernes finere Struktur og kemiske Sammensætning; de er blot endnu ikke kendte.

De mere iøjnefaldende Forskelligheder indenfor Vandorganismernes Bygning er derimod ofte tydelige Tilpasninger til Variationer i saadanne Faktorer som Lyset, Saltholdigheden (og den dermed vekslende Vægtfylde), Viskositeten, Bundens Beskaffenhed, Tryk og Bevægelser (Bølgeslag, Brændinger, Strømme), og herpaa har man da ogsaa grundet en Inddeling i Livsformer, af hvilke Hovedgrupperne (Klasser og Formationer) svarer til større Omraader, der er kaarfælles med Hensyn til flere af de nævnte Faktorer, f. Eks. Overflade-[2]) og Dybvands-, Kystbunds- og Dybbundsformer o. l. Man nøjes derfor foreløbig i Reglen med nogle ganske faa Formationsbetegnelser som

Plankton (Overflade- og Dybbunds)-Formationer, hvorunder

1. Neritisk (Kyst-) Plankton,
2. Oceanisk eller pelagisk Plankton, og

Benthos (Bund)-Formationer, hvorunder

1. Littoral (Kyst-) Benthos,
2. Abyssal (Dybbunds-) Benthos[3]).

---

[1]) Naar visse Planktonorganismer (se S. 375) i de varmere Have synes at være udstyrede med mere veludviklede Svæveapparater end beslægtede Former i koldere Have, maa dette snarest opfattes som en Tilpasning til den ringere Viskositet, som det varme Vand har i Forhold til det kolde. Ved Viskositet forstaas Flydenhedstilstanden (Klæbrigheden), der ved at udøve mindre eller større Gnidningsmodstand kan indvirke paa faste Legemers Faldhastighed.

[2]) Betegnelsen »Overflade« tages her som i det følgende i mere udstrakt Betydning om Vandlag, der kan strække sig til endog betydelige Dybder (altsaa = de øvre Vandlag).

[3]) Undertiden opstilles en særlig Formation under Betegnelsen **Nekton**, hvorved forstaas saadanne fritsvømmende Organismer, hvis aktive Bevægelighed er saa stor, at de gaar fra det ene Strømomraade til det andet, f. Eks. de fleste Fisk og større Blæksprutter.

Indenfor disse store Formationsomraader fordeler saa de enkelte Associationer og Facies sig efter Lyset, Temperaturen, Ilt- og Saltholdigheden, Bundens Beskaffenhed o. s. v., og her kommer naturligvis ogsaa den geografiske Beliggenhed til at spille en Rolle.

Det er karakteristisk for de meget dybe Vande, at den mellem Overfladen og Bunden liggende vertikale Vandzone fra en Dybde paa c. 800—1000 Meter i Regelen enten er meget fattig paa Organismer, eller disse naturligt hører hjemme i en af de andre Zoner og saaledes ikke danner nogen udpræget særlig Formation. Fra c. 5000 Meters Dybde til Bunden er Havet næsten en Ørken.

Plankton. Dette af Græsk afledede Ord betyder alle de levende Væsener, der driver omkring i Vandet og viljeløst føres med af Vind og Strøm, skønt flere af dem ogsaa er i Stand til at udføre selvstændige Bevægelser, men blot ikke er stærke nok til at modstaa de rent fysiske, bevægende Kræfter. Den afdøde Zoolog ARTHUR FEDDERSEN har foreslaaet den danske Betegnelse Svæv for dem, og denne i og for sig fortræffelige Oversættelse bliver ogsaa undertiden benyttet i vor hjemlige Litteratur. Men »Plankton« har den Fordel at være et internationalt Udtryk, der paa Grund af den store almene Interesse og praktiske Betydning, selve Ordets Indhold nu har faaet, har skaffet det Borgerret i alle Kultursprog. Der vil saaledes f. Eks. næppe findes nogen nordisk Fisker, der er interesseret i sin Livsgerning, som ikke kender det.

Og det var dog først i 1887, at Betegnelsen »Plankton« blev dannet og indført i den videnskabelige Litteratur af den tyske Fysiolog og Havforsker V. HENSEN; og havde vel end siden Midten af forrige Aarhundrede en Række fremragende Forskere som Tyskerne JOH. MÜLLER og E. HÄCKEL, Englænderne WYVILLE THOMSON og JOHN MURRAY, Amerikaneren AGASSIZ o. fl. levende beskæftiget sig med Studiet af Vandenes svævende Væsener, saa var det dog først efter at man i Tyskland i 1889 havde udrustet en særlig Plankton-Ekspedition under HENSENS Ledelse, at Studiet af dette omfattende og vigtige Omraade af Naturen afgrænsedes som en særlig Videnskabsgren med ganske bestemte Opgaver og Metoder. Og allerede nu har Litteraturen om Plankton antaget et saa mægtigt Omfang, at der skrives tykke Værker og Haandbøger om dette Æmne, der synes at skulle faa en lignende rivende Ud-

vikling som f. Eks. Bakteriologien kort i Forvejen havde opnaaet. Men naar man tænker paa det vidunderlige, at de øverste Lag af saa at sige alle aabne Vande, til en Dybde af flere Hundrede Meter, er ét mylrende Liv, som vi indtil for knap 25 Aar siden næsten intet kendte til, og vi allerede nu ved, at disse mikroskopiske Organismer er Betingelsen for Eksistensen af Størstedelen af vor Klodes øvrige Dyreverden, er det jo ganske naturligt, at de har vakt den mest levende Interesse og Opmærksomhed baade hos Biologerne og de mange (Fiskere, Hvalfangere o. l.), der øser af Havets Rigdomskilder.

I den moderne Havforskning, der har taget saa stort et Opsving siden de før omtalte Dybhavsekspeditioner, har derfor ogsaa Planktonstudierne spillet en meget fremtrædende Rolle. De drives nu med særlig Iver fra de nord- og vestevropæiske Staters Side, idet disse bl. a. har organiseret et storslaaet Samarbejde gennem »De internationale Havundersøgelser«, der har sat sig til Opgave at undersøge de nordevropæiske Indhaves, Nordsøens, det nordlige Atlanterhavs og Dele af det nordlige Polarhavs hydrografiske og biologiske Forhold med det praktiske Hovedformaal derigennem at ophjælpe de paagældende Staters Fiskeri. Til denne Organisation synes nu ogsaa Nordamerikas Forenede Stater at ville slutte sig. Institutionen har sit Centralbureau i Kjøbenhavn, og hertil er eller har været knyttet en Del af den Række Forskere som Nordmændene H. H. Gran, Johan Hjort og E. Jørgensen, Svenskerne P. T. Cleve og Carl W. S. Aurivillius, Danskerne C. H. Ostenfeld og Ove Paulsen, Tyskerne K. Brandt, H. Lohmann og C. Apstein, Englænderen G. Fowler, Hollænderen P. J. van Breemen m. fl., der har indlagt sig saa store Fortjenester ved deres Planktonstudier. Disse er dog ogsaa paa mange Maader blevne støttede og udvidede af andre, f. Eks. Amerikaneren C. A. Kofoid, Franskmanden J. Pavillard m. fl. Og samtidig har dels de samme Forskere, dels andre som Schweizerne F. A. Forel, C. Schroeter og H. Bachmann, Tyskerne O. Kirchner og O. Zacharias, Østerrigeren R. Woltereck, Svenskerne S. Ekman og O. Nordquist, Finnen K. M. Levander, Nordmanden Huitfeldt-Kaas, Danskeren C. Wesenberg-Lund m. fl. taget fat paa Studiet af de ferske Vandes Plankton.

Indsamlingen af Plankton sker efter flere forskellige Metoder, men mest ved at filtrere større Vandmængder gennem ganske fine Net, der trækkes gennem Vandet, eller ved fra forskellige

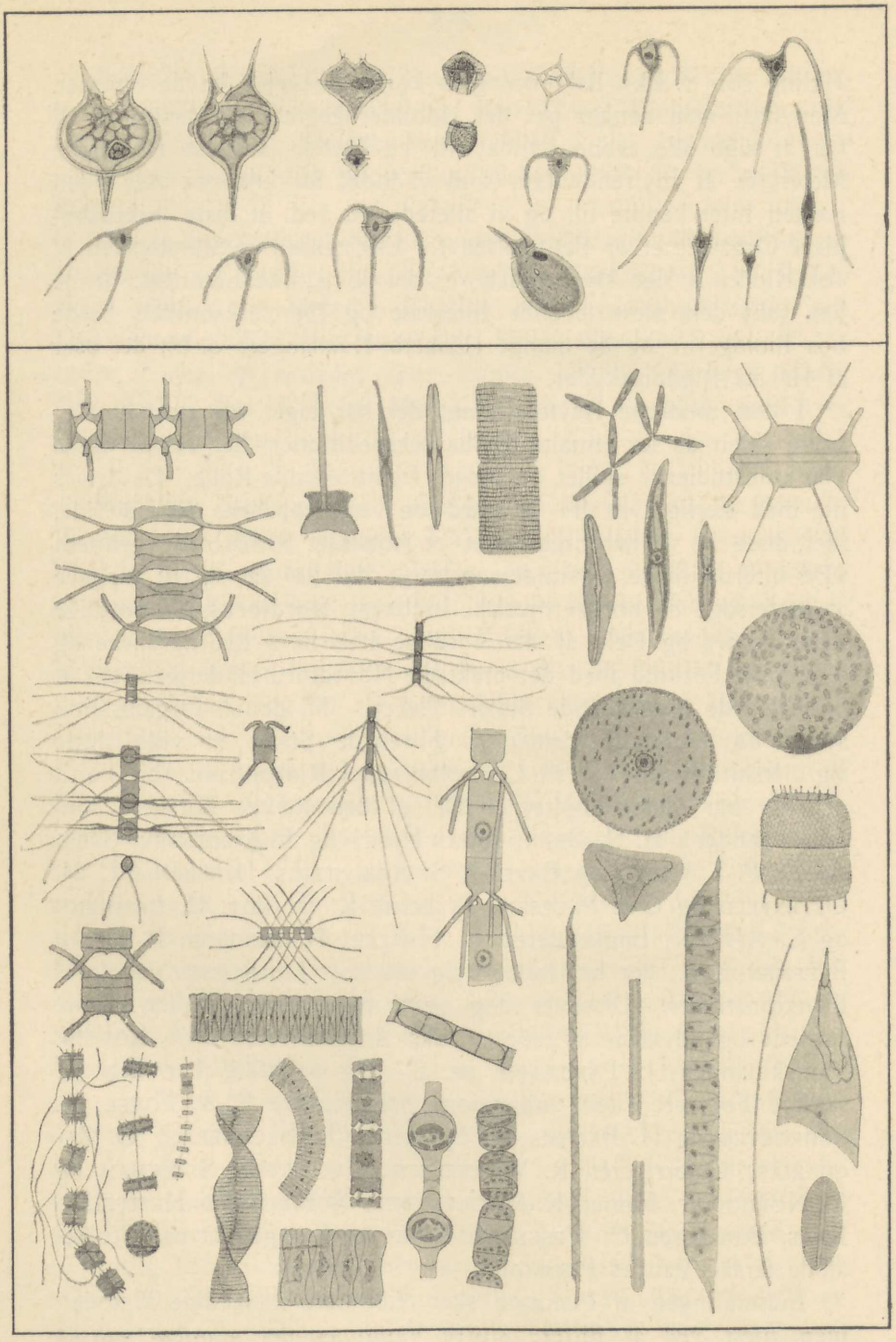


Fig. 117. Plante-Plankton fra Nordatlanterhavet og Davisstrædet. *A* Peridinéer (Bælte-alger). *B* Diatoméer (Kiselalger). Alle er mikroskopiske Former. Forstørrelserne varierer fra c. 75 til 400 Gange.

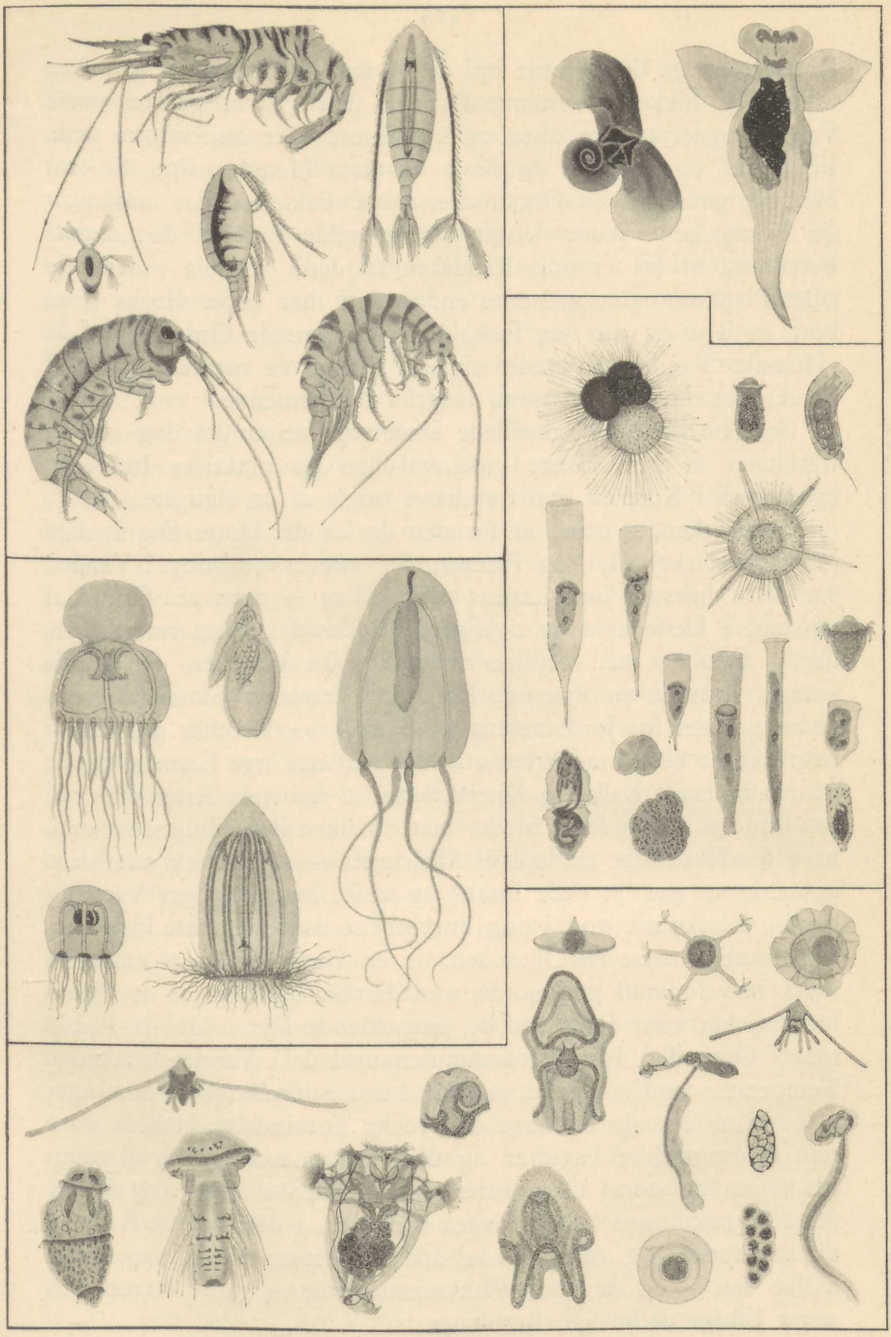


Fig. 118. Dyrisk Plankton fra Nordatlanterhavet og Davisstrædet ved Grønland. *A* Krebsdyr. *B* Gopler. *C* Æg, Kyster og Larver af Orme, Bryozoer, Hjuldyr, Pighude m. fl. *D* Vingesnegle. *E* Foraminiferer, Radiolarier, Infusorier, Hjuldyr og Ormelarver. Forstørr. fra 1 til 500 Gg.

Dybder at tage Vandprøver op, dels i særlige Beholdere, som kan aabnes og lukkes i bestemte Dybder, dels ved at pumpe større Vandmængder op fra disse og saa filtrere eller centrifugere dem. Imidlertid er der ved de fleste af disse Metoder altid en stor Mængde ganske smaa Organismer, bl. a. Bakterier, der unddrager sig Iagttagelsen, skønt det utvivlsomt vilde være af den største Betydning at faa et nøje Kendskab til dem. Og da i det hele taget Planktonundersøgelserne endnu kun har været drevne i saa kort en Tid og paa saa forholdsvis begrænsede Omraader af de vidtstrakte Vande, der breder sig om Jorden, er vort Kendskab til Planktonet selvfølgelig endnu langtfra udtømmende.

Gennem de hidtil anstillede Undersøgelser er der dog vundet Resultater af den største videnskabelige og praktiske Interesse, hvorfor vi i Korthed skal fremhæve nogle af de vigtigste.

Først erkendte man, at foruden de for det blotte Øje synlige (makroskopiske) Dyr og Planter, der sværer omkring i Vandet, var dette, ligesom Jordbundens øverste Lag — men paa Grund af gunstigere Lysforhold og rigeligere Iltindhold i langt større Dybder — befolket med utallige mikroskopiske Væsener, der kunde antages at spille en lignende Rolle for Vandenes Stofskifte, som andre gør det for Jordbundens (se S. 243). — Derefter gik man i Lag med at bestemme Arterne af disse mange nye Former, og da man ofte fandt Kalk- og Kiselskeletter af lignende Arter aflejrede paa Bunden af Vandene, indsaa man, hvilken Betydning de kunde have for forskellige geologiske Aflejringer. — Man blev endvidere opmærksom paa, at visse Fiskes og andre større Sødyrs Vandringer og Forekomst stod i nøje Forbindelse med bestemte Planktonorganismers massevise Optræden, og en Undersøgelse af saadanne Dyrs Maveindhold godtgjorde som Forklaring herpaa, at Planktonet tjener som Føde for de paagældende Dyr. Og da Planktonets Optræden igen faldt sammen med de i Vandet herskende Temperatur- og Lysforhold, samt med dets Saltindhold, Strømninger o. l., viste der sig at være en tydelig Forbindelse mellem disse rent hydrografiske Faktorer og den forhaandenværende Rigdom paa (smaa og store) Organismer. Alle Sider af Hav- (og Ferskvands)-Forskningen kom saaledes til at staa i den nøjeste Rapport til hverandre, og man havde opdaget visse Hovedlinjer, efter hvilke den — og da ogsaa Planktonstudierne — burde drives med størst Udsigt til heldige Resultater.

Ser vi nu først paa Havets Plankton, saa bestaar det lige-

som de ferske Vandes saavel af Dyr (Zooplankton) som af Planter (Fytoplankton). Af større, makroskopiske, Dyr vil man kunne finde Gopler, Sifonoforer, Børsteorme, en Mængde forskellige Krebsdyr, Blæksprutter, Snegle, Pyrosomer, Salper, Fiskeunger o. s. v., af mindre, for Størstedelen mikroskopiske Dyr, Foraminiferer, Radiolarier, Infusionsdyr, Smaakrebs og talrige Æg og Larver af større Dyr (tildels saadanne, der i fuldvoksen Stand lever paa Bunden) som Pighude, Orme, mange Krebsdyr, Snegle, Muslinger, Søpunge, Fisk m. fl. (se Fig. 118). Alt ægte Fytoplankton i Havet bestaar derimod udelukkende af mikroskopiske Planter som Kiselalger (Diatoméer), Bæltealger (Peridinéer), Kalkflagellater, blaagrønne og enkelte grønne Alger, Bakterier m. fl., men forbavsende faa Svampe (se Fig. 117).

Man vil af Figurerne 117—118 se, hvor uhyre formforskellige disse Planktonorganismer er, ogsaa indenfor samme Familje, som f. Eks. Diatoméerne. Disse udmærker sig, ligesom Peridinéerne o. a., ofte ved lange, tynde traad- eller pladeformede Forlængelser, der aabenbart tjener til at holde dem svævende i Vandets øvre Lag, hvilket har den største Betydning for saadanne Alger, der udnytter Lyset under deres Ernæringsvirksomhed (Kulsyreassimilation). En Mængde Planktonorganismer, som netop de omtalte Diatoméer og Peridinéer samt navnlig Rhizopoderne (Radiolarier, Foraminiferer), har tillige ofte yderst kunstfærdigt og smukt udformede Cellevægge eller Skaller af de mest forskellige Former, og alene af den Grund hører Undersøgelsen af Planktonprøver til de mest fængslende Beskæftigelser. Hos en og samme Art kan desuden undertiden Legemsbygningen variere efter Aarstiderne (Sæsonpolymorfisme), saaledes f. Eks., at Cellens Forlængelser er stærkere udviklede i den varme Aarstid end i den koldere (se ogsaa Note [1]) S. 369); man kan da maaske heri se en særdeles heldig Tilpasning til Forskelligheder i Vandets Viskositet, der netop bliver mindre ved højere Temperatur.

Planktonorganismerne er nu indbyrdes meget ulige fordelte, eftersom de befinder sig i Nærheden af Kysterne (det neritiske Plankton) eller ude paa de aabne Have (det oceaniske Plankton), efter Dybderne, Aarstiderne, Saltholdigheden, Temperaturen, Strømmene, den geografiske Beliggenhed o. s. v., men man har dog fundet visse Lovmæssigheder i Fordelingen.

En stor Del af det Plankton, der træffes ude paa de aabne Have, er i Virkeligheden opfostret ved Kysterne, hvorfra det med

Vind og Strøm er drevet til Havs. Men paa den anden Side kan et ved Kysterne optrædende rigt Plankton ogsaa være tilført udefra eller fra andre fjerntliggende Kyster. Det er her ofte meget vanskeligt at bestemme Hjemstedet. Mange Planktonorganismer lever vistnok en Del af deres Liv paa Bunden, hvad enten det nu er ved Kyster eller under dybere Vandlag. Andre, de egentlige oceaniske Former, gennemgaar hele deres Livscyklus svævende over de store Havdybder, og de vilde næppe finde Udviklingsbetingelser ved Kysterne. Meget af det neritiske Plankton gaar til Grunde, naar det føres ud paa Oceanerne, skønt det her kan optræde for nogen Tid i talløse Mængder, og omvendt. Et saa ejendommeligt Plankton som Sargassotangen, der ophobes langt ude i Atlanterhavet, hvor den bedækker et udstrakt Omraade, der er Centret for forskellige Strømmes Møde og saaledes danner et roligt Vand mellem forskellige Strømhvirvler, bestaar af Alger, der vokser paa Bunden ved Central- og Nordamerikas Kyster, hvorfra de rives løs og driver til Søs (se S. 112). Sargassotangen hører saaledes ikke til de egentlige Planktonorganismer, men danner kun, hvad man kunde kalde et falskt Plankton.

Med Hensyn til Dybdefordelingen maa det af Lyset afhængige Fytoplankton naturligvis fortrinsvis findes i de allerøverste Vandlag. I under 100—150 Meters Dybde kommer der næppe, selv i de ækvatoriale Himmelstrøg, saa meget Lys, at det kan underholde nogen Plantes Kulsyreassimilation, saa naar man ikke destomindre i Regelen finder Planktonalger i levende Tilstand paa indtil 200 Meters Dybde og mere, kan de her ikke antages at have deres normale Opholdssted, men de vilde snart gaa til Grunde, hvis de ikke af Vertikalstrømme eller paa anden Maade lejlighedsvis føres nærmere op til Overfladen. Medens de blaagrønne Alger gennemgaaende synes at trives bedst direkte i Havoverfladen, idet de er lettere end Vandet, kan mange Diatoméer og Peridinéer ogsaa taale at holde sig i noget større Dybder, f. Eks. paa c. 50 Meter, ja, nogle synes at foretrække disse Dybder, hvorfor de maa betragtes som en Slags Skyggeplanter. Hvor dybt de gaar, retter sig naturligvis meget efter den geografiske Beliggenhed samt Aarstiden og den dermed vekslende Styrke af Solstraalerne, saaledes at de som Regel søger nærmere til Overfladen i det kolde Vand end i det varme. Bakterierne kan jo derimod trives uafhængigt af Lyset og findes derfor ofte i større Mængder i de dybere Vandlag.

Mange Planktondyr, der direkte ernærer sig af Planktonplanter, vil naturligt optræde i størst Mængde, hvor de finder deres Føde. Men mange andre Dyr vil ogsaa trives bedst sammen med bladgrøntførende Planter, fordi disse i Lyset beriger Vandet med fri Ilt. Og naar der f. Eks. i Sortehavet kun forekommer Plankton i indtil c. 100 Meters Dybde, hidrører dette fra, at der længere nede ikke findes fri Ilt i Vandet, da der fra Bunden bestandig udvikles Svovlbrinte, som binder denne. — Ellers kan der forøvrigt i de dybere og koldere Vandlag være et forholdsvis stort Indhold af fri Ilt, som da ogsaa tillader et rigt Dyreliv, og Zooplankton findes derfor ofte paa betydelige Dybder, paa flere Hundrede eller over 2000 Meter. Der vil da gerne være en ret udpræget Forskel i Artsfordelingen indenfor visse vertikale Zoner, idet bl. a. Tilpasningen til Lyset eller til Vandtrykket indenfor videre eller snævrere Spillerum vil gøre sig gældende. I de øverste Vandlag vil gennemsigtige, farveløse Dyr være meget almindelige. Lidt længere nede bliver derimod Dyr med røde Farver (Komplementærfarven til Havets Blaa) hyppigere. Det rigeste Dyreliv baade med Hensyn til Antallet af Arter og Individer findes i Lagene mellem 80 og 350 Meter. Mellem disse sidste Dybder og 800 Meter begynder Ejendommelighederne ved den abyssale Fauna (se S. 383) at gøre sig gældende. Særlig mange kødædende Krebsdyr gennemstrejfer denne Zone. Under 800—1000 Meter bliver Dyrelivet mere fattigt og kan tilsidst høre helt op, hvor Dybderne overstiger 5000 Meter. Men ofte ser man rigtignok regelmæssige vertikale Stedforandringer, f. Eks. naar Bundorganismerne som Æg eller Larver stiger op til Overfladen og senere igen søger ned paa Dybet.

Højst interessante, men ikke altid fyldestgørende forklarede er de Forskelligheder i Planktonets Artssammensætning og Mængde efter Aarstiden, som man bl. a. nu kender ret nøje fra nordlige Have. I Februar og Marts har f. Eks. vore Farvande et rigt Plankton af Diatoméarter, der senere, i April—Maj, optræder ved Islands og Grønlands Kyster. I April—Maj optræder der i Skagerak en rig Flora af andre Diatoméer, som kræver højere Temperatur. I Juni—Juli er der en forholdsvis fattig Diatoméflora, men i August—November en rig Peridiné- og Diatoméflora. I December—Januar er Planktonet i det hele taget yderst sparsomt. Tilsvarende Variationer kan paavises for det dyriske Plankton.

I Vandlag eller Strømme af forskellig Saltholdighed og Tem-

peratur veksler ofte Artsfordelingen og Righoldigheden af Planktonet i meget paafaldende Grad; og ud for store Flodmundinger, hvor der udføres ferskt Vand med andre Salte i Opløsning end Havets, vil nogle Planktonformer finde særlig gunstige Livsbetingelser, andre dræbes.

Skønt vor Viden herom vel endnu er noget mangelfuld, har man endelig bemærket en ret udpræget Forskel i Planktonets kvalitative Sammensætning under forskellige Breddegrader. Ser man paa Fytoplanktonet, synes saaledes Diatoméerne at spille den største Rolle i de kolde og koldt tempererede Have, Peridinéerne i de tempererede og varme Have, i hvilke sidste Cyanofycéerne (de blaagrønne Alger) dog ogsaa undertiden er de dominerende. I de nordlige kolde Have kan dog ogsaa Peridinéerne til Tider optræde i store Mængder, men denne Gruppe synes næsten at mangle i de sydlige Polarhave. Der er desuden, særlig i de varmere Have, en stor Rigdom paa saadanne meget smaa Planktonorganismer, Kalkflagellater (Coccolithoforider), der, da de gaar igennem de almindeligt brugte Planktonnet, først i den senere Tid har tiltrukket sig Opmærksomheden. De spiller sikkert en stor Rolle i Havets Økonomi, ligesom deres Skaller har stor Betydning i geologisk Henseende (har f. Eks. dannet vort Skrivekridt). Medens Størstedelen af det dyriske Plankton i de øverste Vandlag udmærker sig ved at være ganske vandklart og gennemsigtigt, saa det undertiden kan være vanskeligt at faa Øje paa det, selv hvor det optræder i de største Mængder, kan derimod Fytoplanktonet til Tider meddele Havet en udpræget Farvenuance; Diatoméer og Peridinéer farver det grønligt eller undertiden brunligt, de blaagrønne Alger gulligt eller rødligt; det er bl. a. disse sidste, der giver det røde Hav dets paafaldende Farve. Det dybt mørkeblaa Vand er i Regelen meget fattigt paa Organismer; det viser, hvad man har kaldet Havets Ørkenfarve.

En af de ejendommeligste Egenskaber ved Havets Planktonorganismer er, at saa mange af dem er i Stand til at lyse. Dette sker bedst ved noget højere Temperatur, og naar Vandet er i Bevægelse. Herfra hidrører det Fænomen, man kalder Morild, som jo er særlig fremtrædende i de varme Have, f. Eks. i Kølvandet af Skibe, paa Bølgekamme o. l., og som ogsaa er velkendt under vore Himmelstrøg fra varme Sommernætter. Hos os skyldes det næsten altid de mikroskopiske Peridinéer.

De ferske Vandes Plankton er som før nævnt i mange

Henseender udpræget forskelligt fra Havets, men har derimod mange Træk fælles med Landjordens og den sumpede Bunds Organismer. Blot dette, at man her træffer en Række en- og to-kimbladede Blomsterplanter samt Mosser og Bregner uden Rod eller andre Tilhæftningsorganer flydende omkring i de øvre Vandlag, saa de efter den Definition, vi tidligere har givet af Plankton, naturligt maa regnes til dette, er straks noget ejendommeligt. Men paa den anden Side findes der ikke mange smaa Ungdomsformer (Larvestadier o. l.) af større Bundorganismer i de ferske Vande, hvis Plankton med Undtagelse af de nævnte højere Planter næsten udelukkende bestaar af mikroskopiske Væsener. Blandt disse spiller af Fytoplanktonet Diatoméer og blaagrønne Alger den største Rolle, men der findes dog ogsaa en Del Peridinéer og forholdsvis langt flere Grønalger end i Havet, og naturligvis er det gennemgaaende helt andre Arter af alle disse større Grupper, der optræder i fersk end i salt Vand. Af Dyr er det hovedsagelig Smaakrebs (Copepoder og Dafnier) samt Hjuldyr, der dominerer. Men i det hele taget er de ferske Vande paafaldende fattige paa Arter, og de, der findes, synes næsten at være kosmopolitiske, i alt Fald for den nordlige tempererede Zones Vedkommende, som foreløbig er bedst undersøgt. Intet af dette Plankton er selvlysende, saa man mærkeligt nok slet ikke kender Morildsfænomenet fra de ferske Vande, skønt der dog findes en Del selvlysende Svampe og Bakterier, som er almindelige paa Landjorden.

Saltsøer kan have et Plankton, der enten udgør en Blanding af Salt- og Ferskvandsformer ligesom Brakvandets, eller overvejende hører til den ene eller den anden af disse Typer. Men Vandet kan ogsaa blive saa salt, at der overhovedet intet levende kan trives i det, som f. Eks. det døde Hav (se S. 223).

Den uhyre vigtige Rolle, som navnlig Havets Plankton spiller, skal vi straks vende tilbage til.

Benthos eller Vandenes Bundorganismer lever under udpræget forskellige Kaar, eftersom de befinder sig ved Kysterne og paa grundede Steder (lavt Vand) eller paa større Dybder. Naar man kommer ned under 4—500 Meter, hvortil man almindeligt regner, at den littorale Region eller Kystomraadet strækker sig, vil jo bl. a. ethvert Spor af Sollys være udelukket og et komplet Mørke ruge. Men som nævnt (S. 365), vil autotroft Planteliv være ophørt længe før paa Grund af alt for svagt Lys,

hvorfor det levende her maa ernære sig af de organiske Stoffer, som mere lavbundede Kysters Planteverden eller de overfladiske Planktonorganismer producerer. Fra c. 500 Meter og nedad adskiller man i Regelen flere forskellige Dybderegioner eller Zoner. Den egentlige Dybbunds- eller den abyssale Region regner man i Almindelighed først fra c. 2000 Meters Dybde.

Det littorale Benthos. Ved Kysterne og paa grundede Steder i Havet er Bundens Plante- og Dyreliv saa overdaadig rigt saavel paa Arter som paa Individer, og Variationerne i disses indbyrdes Fordeling paa forskellige Steder saa mangfoldige, at der her kun kan blive Tale om at fremdrage nogle faa og særlig vigtige Træk deraf. Gennemgaaende er Livskaarene paa saadanne Steder meget gunstige, men Variationerne af enkelte Faktorer dog langt større end noget andet Sted indenfor Vandenes Omraade.

Store Svingninger findes saaledes — efter den geografiske Beliggenhed og Dybden — i Temperaturen og i Lysstyrken, desuden i Saltholdigheden (ved Udløb af Floder, i Laguner med Brakvand eller meget saltholdigt Vand), i Vandstanden (efter Flod og Ebbe), i Bølgebevægelsens Styrke, i Strømforholdene (Strømme langs Kysterne er overordentlig almindelige), i Bundens Beskaffenhed (Klippe, løse Sten, Sand, Mudder o. s. v.), og i tilsvarende Grad vil Bundlivets Fysiognomi være forskelligt.

Hvad Planteverdenen i Havet angaar, er den jo som før nævnt karakteriseret ved kun at omfatte nogle ganske faa Arter af (enkimbladede) Blomsterplanter, medens Alger (og Bakterier) optræder i et meget stort Antal af Former. Af Blomsterplanter i salt Vand kender man fra hele Jorden kun 27 Arter, der alle hører til kun 2 Familier, *Potamogetonaceæ* (Vandaksfamilien) og *Hydrocharidaceæ* (Frøbidfamilien). Ved vore Kyster træffes af disse kun *Zostera* (Aalegræsset eller Bændeltangen) med 2 Arter i rigtig salt Vand; desuden forekommer forskellige Arter af *Potamogeton* (Vandaks), *Ruppia* (Havgræs), *Zanichellia* (Vandkrans) og *Najas* (Najade) i Brakvand. I varmere Have spiller *Posidonia*, *Enhalus* og *Cymodocea* en lignende Rolle som Bændeltangen ved vore Kyster. Og fælles for alle disse Blomsterplanter er, at de kun vokser paa løs (sandet eller mudret) Bund og holder sig under Vandets Overflade i en vis ringe Dybde. De danner her ofte udstrakte undersøiske Græsgange, der dels giver Føde til, dels er et kærkomment Opholdssted for en overordent-

lig rig Dyreverden. Enkelte Alger som *Chara* (Kransnaal), *Caulerpa* og *Penicillus* vokser paa lignende Maade med rodlignende Organer i den bløde Bund, og nogle faa andre er som Epifyter hæftede til disse.

Men ellers udfolder den rige Algeflora sig først rigtigt paa Klippe- eller stenet Bund, til hvilken de større Former fæster sig ved pladeformede eller grenede Hæfteapparater, medens en talrig Epifytflora og Epizofauna igen hæfter sig til de større Alger.

Forskellige Faktorer faar nu Indflydelse paa Algefloraens Sammensætning, Yppighed og Fordeling paa denne faste Bund. Hvor der er udprægede Tidevande, vil der findes en særlig Flora paa de Partier af Kysten, der under Ebben ligger tørre, og Klippens eller Stenenes mineralogiske Natur vil være Aarsagen til andre Forskelligheder. Bølgeslagets større eller mindre Kraft, den mere eller mindre bratte Sænkning af Bunden, Vandets Temperatur og Saltholdighed o. s. v. vil hver sætte deres Præg paa Vegetationen. Men fremfor alt vil denne variere efter Lysstyrken i forskellige Dybder, saaledes at man i Regelen temmelig skarpt kan adskille forskellige Bælter eller Regioner med de ud fra Kystlinjen stigende Dybder. Ved de nordevropæiske Kyster vil man som oftest først finde et Bælte af enaarige Alger (Bangiacéer, Grønalger o. a.) øverst, hvor kun Bølgeslaget fugter Klippen, eller hvor Bunden under Ebben kan ligge tør. Derpaa kommer et Bælte af den Gruppe af Brunalger, der hører til Blæretangens Familie *(Fucus, Pelvetia, Ascophyllum)*; længere nede et Bælte med andre Brunalger som de store Laminarier, og længst nede hovedsageligt Rødalger som *Ceramium, Polysiphonia, Delesseria* o. a.

Under andre Himmelstrøg vil noget lignende gentage sig, men Artsammensætningen vil være en anden og forskellig efter Vandets Temperatur, Saltholdighed o. s. v. Særlig interessant og bemærkelsesværdigt er det, at man finder den alleryppigste Algeflora ved de koldere Haves Kyster (i den nordligste Del af Atlanterhavet, ved Spitsbergen, Grønlands Kyster, Afrikas og Sydamerikas Sydspids), hvor Laminarier og andre kæmpemæssige Brunalger paa indtil 100 Metres Længde eller mere, som *Macrocystis, Nereocystis*, danner undersøiske Skove. Laminarierne ved Spitsbergen lever endda i Vand, hvis Middeltemperatur ikke i nogen Maaned af Aaret naar op over 0°. Det siger sig selv, at denne yppige Vegetation kan blive Betingelsen for et tilsvarende rigt Dyreliv. Og

det forholdsvis store Iltindhold, som det kolde Vand har, vil her spille en stor Rolle for begge Parter. Ved de rigtigt arktiske Kyster, hvor Vandet ofte fryser indtil ret store Dybder, og de indefrosne Planter saaledes bl. a. let vilde rives itu, naar Isen sættes i Drift, vil Plantelivet naturligt være meget sparsomt nærmest selve Kystlinjen.

Blandt Kysternes mikroskopiske Planter er det ikke altid let at afgøre, hvad der er Benthos, og hvad der er Plankton. Mange Former kan til forskellige Tider eller samtidig være begge Dele. Og dette gælder forøvrigt ogsaa for flere Dyr. I Brakvand (Indhave, Laguner, Mundingen af store Floder o. l.) vil, alt efter Vandets Saltholdighed, en Del af det ferske og det salte Vands Planter være blandede, eller der vil findes en Flora af særegne Brakvandsformer.

Paa tilsvarende Maade som Planterne *(Zostera, Fucus* o. a.) i det littorale Benthos kan danne karakteristiske og vel afgrænsede Associationer og Facies, kan Dyreverdenen gøre dette. Som Eksempler herpaa skal kun nævnes Koralrevene, Østersbankerne, de af Balaner, Strandsnegle *(Littorina)* eller nøgne Aktinier tæt besatte Klipper o. s. v. Men i det hele taget er Dyreverdenen langt rigere paa Arter, hørende til de forskelligste systematiske Grupper, end Planteverdenen, saa det ikke er saa let at faa en Oversigt over Dyresamfundenes Fordeling. Mange af Bunddyrene, hvortil ogsaa maa regnes de fritsvømmende Former, lever jo nemlig af den Føde, som Planktonet leverer dem, og den stadige Fornyelse af Vandet med Tilførsel af nye Planktonorganismer erstatter for de fastsiddende Dyr deres Mangel paa Evne til selv at opsøge deres Næring.

Kun nogle faa iøjnefaldende og ejendommelige Træk i de littorale Benthosdyrs Tilpasning til Omgivelserne skal her fremhæves. Medens mange, som før antydet, er nøje knyttede til de Planter, af, paa og imellem hvilke de lever, har andre faaet deres Præg efter Bundens Beskaffenhed. Paa de Steder, hvor Brændingerne raser over den løse, sandede Bund, vil Dyrene som oftest være nedgravede og for største Delen skjulte, som forskellige Orme, Muslinger o. a. Bløddyr. Deres Farve vil i Regelen være uanselig, og deres bløde Legeme beskyttet af Skaller eller Rør. De, der opholder sig paa lidt dybere Vand mellem Tangarterne, vil ofte have en lignende Farve som disse, hvorved de lettere kan skjule sig for deres Fjender. — Paa den faste

Klippe- eller Stenbund, i hvilken Dyrene kun undtagelsesvis trænger ned, maa de nødvendigvis være bedre beskyttede ved faste Pansere af Kalk- og Kitinskaller som en Mængde Muslinger, Snegle, Krebsdyr m. fl., men her optræder de oftere med smukke iøjnefaldende Farver. Særlig bekendt i saa Henseende er jo de Koralrev byggende Dyr, mellem hvilke der lever en overordentlig rig Fauna af andre ligeledes smukt farvede Dyr, saaledes f. Eks. en Del Fisk, Muslinger, Snegle, Kalksvampe, Pighude m. fl. — De store Forskelligheder i Temperaturen af Kystvandet paa forskellige Breddegrader bidrager i højeste Grad til at give Dyrelivet i hver af de geografiske Zoner sit Særpræg, og for de fritsvømmende Formers Vedkommende vil dette have store Forandringer efter Aarstiderne til Følge. Det er naturligt, at ogsaa den større eller mindre Indblanding af fersk Vand ved Flodmundinger, i Indhave o. l. i høj Grad influerer paa Dyrelivet ved Kysterne.

Angaaende de ferske Vandes littorale Benthos skal vi indskrænke os til at henvise til de almindelige Bemærkninger, der er gjorte herom i det foregaaende (se S. 367), idet der her i Regelen ikke findes saa udprægede Forskelligheder mellem de littorale og abyssale Regioner som i Havet, og den første har saa mange Lighedspunkter og Træk fælles med Landjordens Organismeverden.

Det abyssale Benthos. De voldsomme Bevægelser, der giver sig til Kende i Vandenes overfladiske Lag, skal efter teoretiske Beregninger for de højeste Bølgers Vedkommende kunne forplante sig i indtil 700 Meters Dybde; men praktisk talt vil Vandet allerede i c. 50 Meters Dybde være ganske upaavirket af Bølgebevægelsen, og, hvor der ikke netop gaar Strømme, derfor befinde sig i absolut Ro. — Ligefrem proportionalt med Dybden vil Vandets Tryk stige, nemlig med en Atmosfære for hver 10 Meter (se S. 195), saa at det altsaa paa de største kendte Havdybder paa over 9000 Meter naar det kolossale Tryk af over 900 Atmosfærer. — De dybere Vandlag vil endvidere være uafhængige af de Svingninger i Temperaturen, som de overfladiske er udsatte for paa Grund af Solstraalernes Indvirkning og som Følge af Fordampningen. Allerede i en Dybde af 50 Meter mærkes disse Svingninger ikke mere, og fra 100—200 Meters Dybde bliver Temperaturen saa at sige konstant hele Aaret, hvor Vandet befinder sig i Ro. I de tropiske og tempererede Have vil Regelen nu være den, at Temperaturen aftager jævnt men langsomt med

Dybden, saaledes at de nederste Vandlag vil være de tungeste og paa større Dybder have en Temperatur af en Smule over 0°. I Polarhavene er de overfladiske Lag derimod ofte koldere end Bundvandet, der paa større Dybder i Regelen vil holde en Temperatur paa lidt under 0°. Der gives dog Undtagelser fra disse Regler, som f. Eks. i Middelhavet, hvor Vandet paa de større Dybder — selv over 3000 Meter — paa den koldeste Tid af Aaret sædvanlig har en Temperatur paa næsten 13° — muligvis foraarsaget af Vertikalstrømninger, der stadig fører Overfladevand ned til Bunden. Paa Grund af den lave Temperatur vil Vandet iøvrigt paa større Dybder kunne have et forholdsvis stort Iltindhold.

Paa de rigtig store Dybder synes Bunden endelig at være meget ensartet, overalt opfyldt af et blødt Dynd (Slik), hvori Organismer (som Søfjer og Hornkoraller) kan fæste sig ved Hjælp af lange Stilke, medens der ikke findes nogen fast og nøgen Klippebund som saa ofte ved Kysterne.

Under Livskaar, som er saa forskellige fra dem, der hersker i de overfladiske Vandlag, og navnlig fra dem, som Landjorden frembyder, er det da ikke underligt, at de der levende Væsener ogsaa har et ganske ejendommeligt Præg. Ikke saaledes at forstaa, at de er repræsenterede af særlige systematiske Former. Tværtimod viser de tydeligt Slægtskab med Organismerne i Overfladen og paa lavt Vand. Og sandsynligvis stammer de alle fra saadanne, idet de paa Tider, da de klimatiske Zoner paa Jordens Overflade begyndte at individualisere sig, og Svingninger indenfor Faktorer som Temperaturen blev større, har søgt ned paa dybere Vand for at unddrage sig de Farer, de vekslende Livskaar ved Overfladen da frembød. Men under de ensartede Livskaar paa Dybet har Arterne holdt sig næsten konstante, i alt Fald uden større Variationer, og derfor er Dybhavsfaunaen bleven saa mærkværdig ensartet i systematisk Henseende over hele Jorden.

Ti i alle Have og paa alle Breddegrader findes, om ikke just de samme Arter, saa i Hovedsagen de samme Associationer af Dybhavsdyr. Af systematiske Grupper, som er forholdsvis rigt repræsenterede, kan nævnes Svampe, Hydroidpolyper, Søfjer, Hornkoraller og Blæksprutter, men fremfor alt Pighude og Krebsdyr, og desuden findes der et ikke ringe Antal af Fiskearter. Blandt Dybhavsformerne kan der dog ogsaa findes en Del Planktonorganismer som f. Eks. Krebsdyr og Gopler paa over 4000

Meters Dybde. Og Repræsentanter for Planteriget mangler heller ikke ganske. Man har nemlig fundet Bakterier paa meget store Havdybder, og sandsynligvis findes de der i store Mængder, idet de jo nemlig vil finde overordentlig rigeligt af Næring i de mange døde Dyrs Legemer, og de ogsaa vilde være uundværlige, om Bunden ikke helt skulde opfyldes af Lig, og Grundstofferne i de organiske Forbindelser ikke helt skulde sættes ud af Cirkulation. Muligvis vil man ogsaa finde en Del Svampe paa Dybene, men vort Kendskab til denne Verden er jo endnu kun i sin første Vorden.

Slægtskabet med Overfladeformer viser sig f. Eks. i Synsorganernes Bygning. Dernede i det evige Mørke vilde Øjne jo i og for sig være overflødige, og hos nogle Former er de da ogsaa

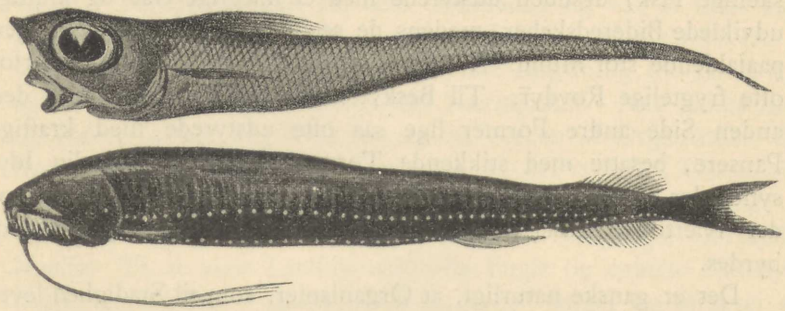


Fig. 119. Dybhavsfisk. Øverst en Art med store, nederst en med smaa Øjne. Den sidste er saa til Gengæld forsynet med Lysorganer, der sidder i Rækker langs Bugen og Kroppens Sider, og tillige med et langt Føleorgan, der udgaar fra Underkæben; de lange, kraftige Tænder viser tydeligt, at det er en Rovfisk.

blevne yderst reducerede, om de end stadig findes som rudimentære Organer (se S. 81), men saaledes, at Dyrene faktisk er blinde. Hos andre er de derimod blevne særligt store eller indrettede som Kikkerter (Teleskop-Øjne), ofte siddende paa lange Stilke, for ligesom bedre at kunne opfange det svage Lys, de muligvis maatte blive udsatte for[1]). Ti trods det, at de aldrig vil møde nogen selv nok saa svækket Solstraale, kan de dog undertiden komme til at drage Nytte af andre Lyskilder, idet mange Dybhavsorganismer — altsaa in casu de selv — under deres

[1]) De Dyr, der som Larver lever i Overfladen, bevarer gerne deres Øjne i fuldvoksen Tilstand, selv hvor de ikke længere har nogen Brug for dem.

Livsvirksomhed producerer Lys, er selvlysende. Det er nemlig meget almindeligt, at de er udstyrede med sindrigt byggede Lysorganer, anbragte som en Lanterne paa Dyrets Hovede, som elektriske Glødelamper paa dets Krop eller Lemmer og paa mange andre Maader (se Fig. 119), og man har ofte set dem lyse, naar det er lykkedes at faa Dyrene levende op fra Dybet om Natten, eller man straks har bragt dem ind i et Mørkekammer, ligesom det Lys, de har udsendt, da undertiden har været af en ejendommelig Pragt og Styrke.

Hvor Lyset eller Organer til at opfatte dette mangler, har Dybhavsdyrene ofte faaet en Erstatning herfor i særlig kraftigt udviklede Føleorganer, ved Hjælp af hvilke de da kan orientere sig eller finde deres Føde (Fig. 119). Af de blinde Dyr er mange (som forskellige Fisk) desuden udstyrede med et mægtigt Gab og kraftigt udviklede Bideredskaber, medens de seende Former ikke har nogen paafaldende stor Mund. Alle maa jo være Kødædere og er derfor ofte frygtelige Rovdyr. Til Beskyttelse mod disse er da paa den anden Side andre Former lige saa ofte udstyrede med kraftige Pansere, besatte med stikkende Torne o. l. Nogen særlig Idyl synes der saaledes ikke at herske nede paa de stille Dybder, hvor der tværtimod raser den heftigste Kamp mellem Dyrene indbyrdes.

Det er ganske naturligt, at Organismer, som til Stadighed lever under konstant Temperatur, bliver yderst følsomme for Forandringer heri (stenotherme). Derfor dør de fleste, naar de fiskes op fra Dybet og pludseligt bliver udsatte for i Regelen højere Varmegrader, selv om disse ikke naar op over 10—20°. Mere mærkværdigt er det imidlertid, at de, som alle er koldblodige og derfor antager det omgivende Vands Temperatur, kan udføre deres Livsfunktioner under den ved Bunden herskende Kulde. Vi forstaar egentlig endnu slet ikke dette rigtigt, bl. a. ikke, hvorledes Fordøjelse og andre Stofskifteprocesser kan forløbe ved saa lav Temperatur, da de almindelige kemiske Processer, som her er Tale om, ellers forløber uhyre langsomt under saadanne Forhold.

Det er før (S. 195) omtalt, hvorledes Dybhavsorganismerne ogsaa maa være tilpassede til at taale de kolossale Tryk, som Vandet udøver paa dem, men at de dog er meget mindre følsomme overfor hurtige og store Forandringer heri end overfor Forandringer i Temperaturen, omend en altfor pludselig Overgang

ofte medfører de Sprængninger og Udspilinger af de indre Organer, som der blev nævnte.

Havets Stofskifte og Økonomi. Medens der, som før paapeget, er og maa være en inderlig Vekselvirkning mellem Landjordens og de ferske Vandes Organismer, og et vist Vandindhold i Jordbunden jo er en saa absolut nødvendig Betingelse for Landorganismernes Liv, at Forskellighederne mellem disse to Omraader med nogen Berettigelse kan opfattes som et Gradsspørgsmaal med Hensyn til Vandmængden, stiller Forholdet mellem Landjorden og de vældige Vandmasser, der udgør Havet, sig væsentligt anderledes. Ti vel er Havet indirekte en Betingelse for Livet paa Landjorden ved at forsyne denne med den uundværlige Nedbør, der har sin Kilde i Fordampningen fra dets Overflade; og ved at tjene som Regulator for Atmosfærens konstante Indhold af Kulsyre (se S. 90—92) bliver det tillige af den største Betydning for Landplanternes Forsyning med dette vigtige Næringsstof. Men Landjorden og Havet danner dog hver for sig en Verden af Organismer, der trods indbyrdes systematisk Slægtskab og delvis fælles Oprindelse — med ganske faa Undtagelser — lever deres Liv uafhængigt af hinanden og paa en i flere Henseender udpræget forskellig Maade. Ti at visse Landdyr (navnlig Fugle og enkelte Pattedyr) henter deres Føde i Havet, at Menneskene fanger og fortærer en Del Fisk og andre Havdyr samt fører en Del Tang fra Kysterne ind i Landet, medens til Gengæld nogle Havfisk under deres Vandringer op i de ferske Vande tildels lever af Landinsekter o. l., faar ingen nævneværdig Indflydelse paa de enkelte Omraaders Økonomi, idet hvert af disse dog har sin egen Husholdning, og Kredsløbet af de enkelte Næringsstoffer fra den ene Organisme til den anden kan fuldbyrdes indenfor hvert Omraade for sig.

Navnlig kan Livet i Havet udfolde sig ganske uafhængigt af Landjorden og dens Organismer. Ti selv om der med Floderne bestandig føres en Del af Landjordens vigtigste Næringssalte og organiske Forbindelser ud i Havet, udgør disse dog en saa forsvindende Mængde, at de næppe vil influere i nogen kendelig Grad paa dettes Saltholdighed (der menes at have en anden Oprindelse) eller paa dets Næringsværdi i Almindelighed, selv om de nok rent lokalt (i Nærheden af selve Flodmundingerne) kan føje et lille Plus til og der skabe særlig gunstige Livsbetingelser for en Del Organismer. Saa blev end Havet ganske afskaaret fra Paa-

virkning af Landjorden, vilde det dog i uoverskuelige Tider kunne vedblive at være Opholdsstedet for saa at sige alle de Organismer, der nu bebor det, og at kunne opfylde alle de Livskrav, disse stiller til det, hvorimod Livet paa Landjorden snart vilde ophøre, hvis Vandforsyningen fra Havet pludselig hørte op.

I de store Træk har vi nu Rede paa Landorganismernes Husholdning, for saa vidt som vi kender deres Næringskilder og øvrige vigtigste Livsbetingelser. Vi kender f. Eks. ret nøje Sammenspillet mellem autotrofe og heterotrofe Organismer (se S. 85 ff.), mellem plante- og kødædende Dyr (S. 305) o. s. v. Men for Havets Organismers Vedkommende er meget af dette endnu gaadefuldt eller i hvert Fald ikke helt opklaret, bl. a. med Hensyn til Ernæringsmaaden og den Betydning, de enkelte Organismer har for hinanden i saa Henseende.

Næringsstoffernes Kredsløb i Havet. Produktion og Forbrug af organisk Stof. For Havets heterotrofe Organismer (i første Række Dyrene) maa dets Indhold af organiske Stoffer spille en ganske afgørende Rolle og sandsynligvis ikke mindst den Del af disse, der forekommer i opløst og kolloidal Tilstand. Man har tænkt sig, at disse Stoffer kunde stamme fra Landjorden, som gennem Floderne stadig holdt Havet forsynet hermed. Men selv i saadanne Have, hvor Tilførselen af Flodvand er særlig rigelig, og hvor dette tilmed samtidig er særlig rigt paa organiske Stoffer, som Østersøen, der har Tilløb fra Skandinaviens, Finlands, Ruslands og Tysklands udstrakte Moseegne, bliver Tilførselen af organisk Stof, ifølge Aschans og Krümmels Beregninger, dog saa ringe pr. Aar, at der vilde hengaa c. 70 Aar, inden Østersøvandet vilde faa et Indhold deraf, der var ligesaa stort som det, der som Minimum findes i Finlands Floder, nemlig 20,8 Mgr. pr. Liter. For Middelhavets Vedkommende vilde der gaa c. 2000 Aar, inden det opnaaede samme Koncentration af organisk Stof som det Flodvand, der flyder ud i det — alt forudsat, at der intet brugtes af disse Haves Organismer, og intet fandtes i Forvejen deraf. Og paa Oceanerne vilde da en saadan Tilførsel slet ikke kunde mærkes selv gennem meget lange Tidsrum.

Da Haverne imidlertid indeholder betydelige — men kun i enkelte Tilfælde nærmere bestemte — Mængder af opløste organiske Stoffer, og der sikkert aarlig sker et kendeligt Forbrug af denne Beholdning, maa de altsaa have andre Kilder at vedligeholde den fra end Tilførselen fra Landjorden.

Sagen er jo da ogsaa den velkendte, at Havene selv gennem autotrofe Planter producerer og konsumerer organisk Stof. Men Spørgsmaalet er nu, hvor meget og hvorledes der produceres og konsumeres heraf.

Efter at HENSEN havde forsøgt at finde kvantitative Maal for Havets Produktion og Forbrug i Bestemmelsen af henholdsvis det autotrofe Fytoplanktons og det heterotrofe Zooplanktons Masse og Formeringshastighed, og K. BRANDT havde rejst Spørgsmaalet om de kemiske Betingelser for Havets Produktionsevne og derover anstillet Betragtninger, der imidlertid meget virksomt er blevne imødegaaede bl. a. af A. NATHANSOHN, har den tyske Zoolog, Professor AUGUST PÜTTER Fortjenesten af for nylig at have fremsat helt nye og utvivlsomt meget frugtbare Synspunkter for Opfattelsen af Vandenes Stofskifte og Vanddyrenes Ernæring, af hvilke vi her skal fremdrage nogle Hovedpunkter.

Støttende sig paa Undersøgelser navnlig af H. LOHMANN i Kiel over Forholdet mellem autotroft og heterotroft Planktons Masse i Østersøen i Aarets forskellige Maaneder peger PÜTTER paa, at det første som Regel vil være til Stede i alt for ringe Mængde til at dække det sidstes Behov. Og LOHMANNS Tilflugt til de organiske Affaldsstoffer (dødt Fytoplankton, Ekskrementer af Dyrene, Tilførselen af organisk Stof fra Landjorden o. l.) for at finde Dækning for det manglende, anser PÜTTER ogsaa for at være forgæves[1]). Ti alene Havets Bakterier vilde kunne forbruge det meste af den Slags Næring, og faktisk omsætter de den ogsaa saa hurtigt, at døde Planktonorganismer sjældent naar nogle faa Hundrede Meter ned i Dybden — netop der, hvor der rører sig det rigeste Liv af Planktondyr — før deres Cellevægge og Celleindhold er opløst. Den Regn af døde Planktonorganismer, som man tidligere har anset for Dybbundfaunaens vigtigste Næringskilde, finder for det meste slet ikke Sted og kan derfor heller ikke spille den Rolle, man har tillagt den. Men da Dyrene i selve Planktonet desuden ofte overgaar Planterne i Masse, kan Teorien om, at de netop kræver saadan Næring, ikke være rigtig.

Disse Dyr saavel som en stor Del af Dybvandsfaunaen maa

[1]) For ganske nylig er der udkommen en »Beretning fra den danske biologiske Station« Nr. XX, 1911, hvori Forfatterne C. G. JOH. PETERSEN og P. BOYSEN JENSEN forfægter og begrunder en lignende Opfattelse af de organiske Affaldsstoffers (Detritus') Betydning for Bunddyrenes Ernæring paa lavere Dybder.

derimod utvivlsomt tage deres Tilflugt til de organiske Stoffer, der findes i opløst og kolloidal Tilstand i Havet og, efter PÜTTERS Angivelse, i Mængder, der langt overstiger dets Indhold af formet, organiseret, Næring. Og da det jo er velbekendt, at f. Eks. mange Snyltere optager organisk Næring gennem hele deres Legemes Overflade paa samme Maade som mange heterotrofe Svampe og Bakterierne, er der i og for sig intet mærkeligt i, at det ogsaa er lykkedes for KNÖRRICH i 1901 at faa Dafnier (Smaakrebs) til at leve og formere sig i en steriliseret og filtreret Opløsning af organiske Stoffer (Rughalm-Infus) eller senere for andre at opnaa lignende Resultater med andre Dyr. PÜTTER selv har f. Eks. eksperimenteret med Guldfisk og Hundestejler, af hvilke de sidste ikke blot holdt sig i Live, men ogsaa forøgede deres Æggehvidestofbeholdning, mens de opholdt sig i en kunstig Næringsopløsning af Glycerin og Asparagin i Ledningsvand. Sandsynligvis er der da efter PÜTTERS Mening mange Fisk og andre Dyr, der til Tider enten udelukkende eller ogsaa delvis lever af saadan opløst Næring i Vandet, uden hvilken man f. Eks. ikke ret vilde kunne forstaa, at Laksen ikke »æder« i de mange Maaneder, den opholder sig i fersk Vand, eller at Aalelarverne (Leptocephalerne) kan vandre fra Atlanterhavet ind til Nord- og Østersøens Kyster uden at tage nogen fast Næring til sig i over $^1/_2$ Aar, fordi deres Fordøjelseskanal i denne Tid er helt lukket (se S. 108—10). Og ligesom de før nævnte Snyltere maa disse Dyr da kunne optage saadan Føde gennem andre Organer end deres Fordøjelseskanal, for Fiskenes Vedkommende bl. a. gennem Gællerne, der frembyder saa stor en Overflade for og kommer i saa inderlig Berøring med Vandet.

Hvor nye disse Betragtninger end er, og hvor besynderlige de end kan lyde i deres Øren, der er vante til i en ellers veludviklet Fordøjelseskanal at se det eneste Organ for Næringsoptagelse, er de i Virkeligheden ganske naturlige og ikke stridende mod noget fysiologisk Princip. Ti det maa vel erindres, at heller ikke fra Fordøjelseskanalen kan noget Stof optages i Legemets Væv, uden at det (ved en Fordøjelse) i Forvejen er bragt i opløselig og diffusibel Form, og at Organer som Huden og Gællerne jo kan optage eller lade diffundere igennem sig andre opløste Stoffer. Og hvorfor da ikke ogsaa Næringsstoffer?

Naar der saaledes (efter PÜTTER) aarligt af Havets Dyr maa forbruges store Mængder af opløste organiske Stoffer, bliver

Spørgsmaalet, hvorfra disse stammer, og hvorledes der i det hele taget skaffes Balance tilveje mellem Produktion og Forbrug.

Den rige Algeflora, der vokser paa Bunden af Kystomraaderne, kan naturligvis producere ganske anseelige Mængder af organisk Stof, men det vil kun være en meget lille Brøkdel af de vældige Oceaners Forbrug, og derfor bliver der ingen anden Udvej end at søge Kilden til Resten i det overfladiske Fytoplankton, der dækker alle Have.

Men er det nu ogsaa muligt, at dette, der i Masse staar saa langt tilbage for det dyriske Plankton og Benthos, virkelig kan producere saa meget?

Her gør PÜTTER opmærksom paa, at Produktionsevnen saavel som Næringsbehovet eller Stofomsætningen i det hele taget saa langt fra at være proportional med Organismernes Masse tværtimod staar i omvendt Forhold til denne og afhænger af Overfladens Størrelse, der igen bliver relativt større, jo mindre Rumfanget eller Massen er[1]). Tænker vi os samme Rumfang fyldt af henholdsvis nogle faa store og en Mængde smaa Organismer af ellers samme Form (f. Eks. Kugleform), vil de sidste frembyde en langt større Overflade end de første og være i Stand til baade at optage og udskille en i samme Grad forøget Stofmængde.

Det er da ogsaa en velkendt Sag, at de smaa Organismer — alt andet lige — omsætter langt større Stofmængder end de store. Ti medens disse f. Eks. af Føde pr. Dag kun behøver en ringe Brøkdel af deres egen Legemsvægt, forbruger de smaa Organismer ofte mange Gange deres egen Legemsvægt. Et slaaende Eksempel herpaa er bl. a. Bakteriernes og andre Gæringsorganismers Evne til i Løbet af ganske kort Tid at omdanne (»fordærve«) et eller andet organisk Stof.

Jo mindre derfor de kulsyreassimilerende Planktonplanter er, der danner Havets organiske Stoffer, des mere vil de da forholdsvis kunne producere heraf. Og nu er netop Planktonalgerne gennemgaaende smaa, men talrige i Forhold til Planktondyrene, og derfor vil en vis Masse af dem kunne skaffe Næring til en meget større Masse af Dyr.

Da Kulsyreassimilationen og den deraf flydende Dannelse af organisk Stof staar i Forbindelse med en Iltudskilning (se herom

---

[1]) Dette er først eksperimentelt paavist af MAX RUBNER for Pattedyrenes Vedkommende og senere for flere andre Dyregrupper.

nærmere under »Ernæringsvirksomhed«) og omvendt Forbruget af organisk Stof fordrer en tilsvarende Iltbinding (se herom under »Aandedræt«), har man i Svingningerne af Mængderne af fri Ilt i Vandet et udmærket Maal saavel for Produktionens som for Forbrugets Omfang. Og Forsøg har da netop godtgjort Rigtigheden af de ovenanførte Angivelser om de smaa Organismers relative Overvægt over de store baade i Henseende til Iltfrigørelse og Iltbinding. Men da der i de smaa Celler jo ikke kan ophobes synderligt af de dannede organiske Stoffer, afgives disse til det omgivende Vand, idet de enten som opløselige Sukkerarter o. l. direkte diffunderer ud i dette, eller de efter foreløbig Aflejring i Cellevæggenes geléagtige Udskilninger, der netop er meget almindelige hos mange Planktonalger, efterhaanden flyder ud i Vandet i kolloidal Tilstand.

Det er endvidere godtgjort, at denne Produktion af organisk Stof ikke altid behøver at staa i Forbindelse med en Nydannelse af Celler eller med de paagældende Planters Formering. Saa selv om disse ikke forøger deres Masse, kan de dog bidrage betydeligt til Forøgelsen af de organiske Stoffers Mængde i det omgivende Vand, ligesom der ogsaa kan ske et stort Forbrug af Stof uden tilsvarende Forøgelse af de Organsismers Masse, der forbruger det.

Imidlertid er Stofproduktion og -forbrug afhængig af en Række andre Faktorer end just Organismernes Antal og Størrelse. Den stiger saaledes i Almindelighed med Temperaturen indenfor visse Grænser, og som Følge heraf vil Stofskiftet være meget livligere og mere omfattende i de varmere end i de koldere Have. Naar det for mange Forskere har været paafaldende, at de første af disse synes at være saa mærkeligt fattige paa Plankton, saa hænger dette vist sammen med, at Planktonorganismerne her gennemgaaende er mindre, men til Gengæld forekommer i meget større Antal end i de kolde Have. En stor Del er sikkert saa smaa, at de gaar igennem de almindeligt anvendte Net til Fangsten af dem, og en nærmere Undersøgelse vil da nok ogsaa vise, at Stofproduktionen saavel som Forbruget i Virkeligheden er langt større i de varme Have, end man hidtil har troet.

Hvor der i det foregaaende er talt om organisk Stof, er der nærmest tænkt paa de kvælstoffrie Forbindelser. Men det har netop en særlig Interesse at følge ogsaa Kvælstoffets Omsætning i Havet, baade naar det optræder i organiske og i uorganiske Forbindelser. Af de sidste finder man ret konstant en vis og ikke

ganske ubetydelig Mængde Ammoniak i Havvandet, ja, i saa store Mængder, at der — ifølge NATHANSOHN — næppe nogensinde kan tænkes at herske Mangel herpaa for de Planter, der direkte kan benytte denne Forbindelse som Næringsstof. Under visse (Nitrifikations-) Bakteriers Indvirkning kan Ammoniaken imidlertid iltes til Salpetersyre, og under Indvirkning af andre (Denitrifikations-) Bakterier kan denne igen afiltes under Frigørelse af Kvælstof, der da tabes til Atmosfæren. Disse Processer, der kun finder Sted ved en forholdsvis høj Temperatur, har man (BRANDT) ment særlig skulde gøre sig gældende i de varmere Have, og disses Fattigdom paa Plankton skulde da igen være en Følge af Kvælstoffattigdom. Imidlertid er denne Opfattelse næppe rigtig. Den er i hvert Fald endnu ikke tilstrækkelig eksperimentelt begrundet, og der er sikkert lige saa lidt i de varmere som i de koldere Have nogen virkelig Mangel paa Kvælstofnæring, saa meget mindre som det er paavist, at der i Havvand lever Bakterier, der er i Stand til at overføre Luftens frie Kvælstof i organiske Forbindelser. Og af saadanne findes der tillige ogsaa jævnligt en kendelig Mængde i Havet, i Form af hvad man har kaldt Albuminoid-Kvælstof. Da dette af Bakterier let omsættes til uorganiske Forbindelser ved lidt højere Temperatur, er det naturligt, at de koldere Have er forholdsvis rigest derpaa.

Hvorledes Ligevægten opretholdes med Hensyn til de andre nødvendige Næringsstoffer (de mineralske Salte), som ikke forflygtiges og derfor ikke kan tabes til Atmosfæren, saaledes som Kulstoffet og Kvælstoffet, ligger ligefor. De vandrer som paa Landjorden fra den ene Organisme over i den anden, idet de ved Organismernes Død og Forraadnelse frigøres og ofte tilbringer en Mellemtid opløste i Havvandet.

Medens det længe har været kendt, at nogle af Havets største Dyr, som f. Eks. Bardehvaler og mange Fisk, søger deres vigtigste Føde i smaa Planktonorganismer, er der nu altsaa gennem PÜTTERS Teori om, at ogsaa Havets opløste eller kolloidale organiske Stoffer direkte tjener som Næring for mange Dyr, aabnet nye Vidder for Forstaaelsen af Livet i Vandet. Og viser Teorien sig at være rigtig, vil den sikkert drage en Mængde nye Opdagelser efter sig fra den store Verden, der indtil for saa kort Tid siden var næsten ukendt, og som, hvis det ikke netop var Vand, det drejede sig om, med Rette kunde kaldes Biologiens »mørke Fastland«.

8. Tilbageblik paa Kampen for Tilværelsen.

Saaledes som vi nu har forsøgt i store, almindelige Træk at udrede de levende Væseners Krav til Omverdenen og dennes Tilbagevirkning paa dem, vil det ses, hvorledes Livet altid former sig som en Kamp, dels for at faa de nødvendige Livskrav opfyldte, dels mod de andre Farer, der truer overalt og paa ethvert Stadium af Livsløbet. Og vel er Kaarene højst ulige paa forskellige Steder af Jorden, og Kampens Haardhed lige saa forskellig for de enkelte Individer indenfor samme Omraade, men intet Steds paa vor Klode — selv ikke der, hvor Livskaarene i Almindelighed er de allergunstigste — kan Kampen helt undgaaes. Den synes derimod at være uadskilleligt forbunden med selve Livet og at høre med til dettes Grundejendommeligheder, som en Naturens Orden. Hvor der er Liv, vil der da ikke kunne herske absolut Fred og Harmoni, men der maa i Stedet være evig Uro og Brydninger, og det er i Kraft af selve Livets Væsen utænkeligt, at dette nogensinde skulde kunne blive anderledes.

Lad os blot tænke os en Plet af Jorden med de gunstigst mulige Livskaar, hvor alle Krav til Næring, til Temperatur, til Lys o. s. v. var opfyldte, og hvortil ingen skadelig ydre Paavirkning fandt Vej, saa kunde vi dog i det højeste tænke os en begrænset Gruppe Organismer — de autotrofe, grønne, Planter — levende her; ti saa snart der indfandt sig f. Eks. et planteædende Dyr, vilde Idyllen og Freden jo straks være forstyrret. Og selv om vi nu tænkte os, at der paa en saadan Plet kun levede en enkelt Art, en grøn Plante, hvis Individer oven i Købet alle nedstammede fra samme Moderplante og altsaa var i saa nært indbyrdes Slægtskab som muligt, saa vilde Kampen dog heller ikke her kunne udeblive (se S. 299—301 og S. 303—305). Ti netop under disse meget gunstige Kaar vilde en af Livets allervigtigste Sider, Forplantningsvirksomheden, i særlig høj Grad gøre sig gældende, og der vilde snart være født flere nye Individer, end der kunde være Plads til paa den givne Plet. Fra dette Øjeblik vilde den indbyrdes Kamp være indledet, og nogle af de unge Individer maatte nødvendigvis bukke under enten straks, eller ogsaa før deres Liv var ført til en normal Afslutning. Og tager vi alle Organismer og hele Jorden under ét, vil vi let faa Øje paa, at der i Almindelighed produceres meget mere Afkom, end der kan

blive Tale om at skaffe Næring og Plads til[1]). Derfor er Størstedelen af de utallige Organismer, der fødes, paa Forhaand viede til Undergang. Døden staar altid ved Livets Tærskel og tager straks sin rige Høst, saa det kun er forholdsvis ganske faa Spirer, der ved rene Tilfældigheder undgaar hans Le. Og af dem, der undslipper i første Omgang, vil han endda igen indhente de fleste ved en anden og tredje Slet, før de har naaet til Enden af deres Livsbane. Men af den Overflod paa Liv, der frembringes, bliver dog altid tilstrækkeligt mange skaanede til at befolke Jorden, saa under den evige Kamp mellem Liv og Død er det endnu ikke lykkedes den sidste helt at sejre.

Under disse Forhold bliver Livet som et stort Lotteri, i hvis Lykkehjul der findes uendelig mange »Nitter« og kun forholdsvis meget faa Gevinster. Og af disse sidste er endda kun de færreste rigtig store, saa de giver et Liv, der føres normalt til Ende under saa gunstige Kaar, at Livsevnerne kan komme til fuld Udfoldelse, og saaledes, at »Lykken« kan siges at være fulgt med som en Tillægsgevinst. Selv der, hvor Livsløbet fuldføres, bliver det som oftest under en Række af Savn og Trængsler, og i de allerfleste Tilfælde bukkes der under i Kampen et eller andet Sted paa Livsvejen. Savn og Nød, Sygdom og Smerte, Ulykker og Trængsler af forskellig Art er de fleste levende Væseners sikre Ledsagere, og for dem, der er blevne begavede med Selvbevidsthed og Erindring, staar Summen af de forskellige Tilskikkelser, der har mødt dem under deres Tilværelse, vistnok i Regelen langt overvejende som Ulykke.

Naturligvis kan der altid diskuteres om Begreberne »Lykke« og »Ulykke«, og da disse Udtryk her for Organismerne i Almindelighed jo kun er benyttede i billedlig Betydning, skal vi ikke komme ind paa en etisk Vurdering heraf, men blot gøre den Indrømmelse, at den Del af Kampen for Tilværelsen, der maaske i Øjeblikket føles som Ulykke, meget vel ogsaa kan ses under Synsvinklen Lykke i Sammenligning med et Liv, der glider roligt hen uden større Brydninger eller Anvendelse af de Kræfter, som Organismerne har faaet til at bruge under Kampen for Tilværelsen. Ti netop i Kampen, for dens egen

---

[1]) Mange Planter producerer aarlig i Hundredtusind- eller Millionvis af i og for sig levedygtige Frø eller Sporer; en Karpefisk lægger c. 200,000, en Stør c. 2 Mill., en Spolorm henimod 100 Millioner Æg aarlig.

Skyld, og i den dermed følgende Udfoldelse af Livsevnerne, ligger der en stor Værdi, der som tidligere paapeget (se S. 164 og 269) fører til en højere legemlig og aandelig Udvikling, end den Organisme opnaar, som fører en sorgløs Tilværelse med rigelig Forsyning af alle materielle og aandelige Livsgoder. Og ligesom Livet egentlig først ret forstaaes og værdsættes paa Baggrund af dets Modsætning, Døden (se S. 26), saaledes vil Tilværelsen ogsaa for det enkelte Individ faa des større Betydning, og Lykkefølelsen (hvor man kan tale om en saadan) være saa meget des intensivere, efter jo haardere Kamp den er vunden. I Overvindelsen af Vanskeligheder eller i Følelsen af at have været den heldige mellem saa mange uheldige Spillere tilføres der den enkelte Kæmpende en bevidst eller ubevidst Tilfredsstillelse, der i sig selv er et Plus til Lønnen for den haarde Kamp, selv om vi ikke kan antage, at dette er den oprindelige Drivfjeder til, at alle levende Væsener — ogsaa uden forudgaaende Erfaringer af den Art — kaster sig ud i Kampen med dens store Risiko.

Men naar det dog i Almindelighed stiller sig saadan, at Livet kun vindes under et saa frygteligt Mandefald, at de allerfleste af de kæmpende bliver liggende paa Valpladsen, og det, der vindes, for utallige igen er den rene Kummerlighed, der i Værdi ikke staar i noget Forhold til det, der er sat i Vove for at vinde det, maa man vel spørge: hvorfor bliver saa alligevel de levende Væsener — trods tusindaarige bitre Erfaringer — ved at føre denne utrættelige Kamp for Tilværelsen i Stedet for at give op og gaa ind til det store Intet, til Nirwana? Eller hvad er det for en mystik drivende Kraft, der faar dem til i den blindeste Lidenskab uden nogen Overvejelse af Chancerne at fortsætte denne ødelæggende Kamp og bestandig at kaste deres Skæbne i Armene paa Tilfældet i dette Livets Lotteri, der fordrer den store Indsats, men giver saa liden Vinding? Ja, saa støder vi her paa en Faktor, som vi hidtil ikke har omtalt, men som i Virkeligheden er en Hovedaarsag til, at der bestandig eksisterer Liv paa vor i og for sig ugæstfrie Jord, nemlig den i alt levende boende Drift til at fortsætte, den ubetvingelige Vilje til at leve, som vi hidtil slet ikke har kunnet finde nogen Forklaring paa, fordi den til syvende og sidst unddrager sig vor Efterforskning ved videnskabelige Metoder, og som derfor foreløbig kun staar som en Kendsgerning, vi ved Behandling af Livsfænomenerne stiltiende altid regner med. Vi har da ogsaa et Navn til den, nemlig Selvopholdelses-

driften, men denne Betegnelse rummer ingen som helst Forklaring. Vi ved blot, hvorledes den i rent ydre Forstand giver sig til Kende for os.

Indenfor det enkelte Individs Liv, f. Eks. fra det Øjeblik en hanlig Kønscelle har befrugtet en hunlig og derved skabt Grundlaget for en ny Ener, virker denne mystiske Drift saaledes, at den forøger den levende Stofmasse under Optagelse af nyt Stof udefra. Og hvis Organismen da finder de nødvendige Krav til Omverdenen opfyldte, foregaar der en Vækst, der enten — som hos de fleste Planter — varer lige saa længe som Individets Liv, eller — som hos de fleste Dyr — bringer det til en bestemt, ydre og indre, Udformning, det udvoksne Stadium. Er Væksten da standset, kan Selvopholdelsesdriften endnu i kortere eller længere Tid sørge for Vedligeholdelsen af det en Gang udformede Legeme ved stadig at sørge for Erstatning for det Stoftab, der lides under Livets normale Funktioner, eller ved Rekonstruktion af saadanne Skader, som Slid og tilfældig Overlast forvolder. Og enten under den almindelige Vækst af Organismens Legeme, eller efter at denne er hørt op, vil dertil enhver normalt og sundt udviklet Organisme producere Kønsceller eller andre Forplantningsorganer, i hvilke Driften til en fortsat Tilværelse ud over det enkelte Individs Liv er nedlagt, og hvorigennem da Livet fortsættes i en ny Generation. Bliver Individet ufrugtbart eller ude af Stand til at fortsætte paa denne Maade ud over sin egen begrænsede Tilværelse, er dette en Følge enten af en abnorm, sygelig Tilstand, en Degeneration, en Beskadigelse eller en mangelfuld Udvikling, og paa denne Maade gaar adskillige Individer ud af Livets Kredsløb. Men dette er jo saa i Virkeligheden kun et Udtryk for, at de paa et eller andet Stadium af deres Liv er bukkede under eller blevne dødeligt mærkede under Kampen for Tilværelsen. Og i Regelen er der saa andre forplantningsdygtige Individer, der kan erstatte dem.

Regelen i Naturen er da den, at ethvert Individ, i Kraft af Selvopholdelsesdriften, kæmper til det yderste, ikke alene for at bevare sin egen Eksistens saa længe som muligt, men ogsaa for at komme til at fortsætte Livet igennem en ny Generation. Derfor giver Forplantningsdriften sig bl. a. saa ofte det Udslag, at der produceres des mere Afkom, jo vanskeligere Kaarene for den paagældende Arts Liv i Almindelighed er, og derfor hører f. Eks. ogsaa Parringskampene mellem Dyrene, som nævnt S. 301 ff., til

dem, der føres med den største Lidenskab og Hensynsløshed. For Chancen for at komme til at fortsætte sin Eksistens gennem et Afkom sættes i Regelen Hensynet til alt andet til Side.

Naar Selvopholdelsesdriften undertiden synes at klikke, f. Eks. hos Mennesker, der begaar Selvmord, saa kan dette vel altid betragtes som et Tegn paa, at Levedygtigheden af en eller anden Grund i Virkeligheden i Forvejen er tabt, og dette afkræfter da ikke den almindelige Regel, at der i alt levende er nedlagt en uslukkelig Tørst efter at leve og at fortsætte Livet til det yderste, d. v. s. saa længe der er Levedygtighed. Kun hvor denne hører op, ved Livsløbets naturlige Afslutning paa Grund af Alderdom, eller hvor den tabes under en altfor haard Kamp for Tilværelsen, vil Selvopholdelsesdriften ogsaa svigte, men dette er da, fordi Døden saa i Virkeligheden allerede har mærket sit Bytte.

Som f. Eks. Lys altid er uadskilleligt knyttet til et lysende Legeme, saaledes er Selvopholdelsesdriften en Egenskab ved alt levedygtigt, den — foreløbig mystiske — Kraft, der holder Livets Hjul i Gang, saalænge de ydre Betingelser for Liv er tilstede. Men saa snart den svigter, udslukkes Livet.

III

DE FUNDAMENTALE LIVSYTRINGER

1. Orienterende Bemærkninger.

Medens vi hidtil (i Indledningen) har nøjedes med kort at karakterisere Livet ved dets Særkendemærker lige overfor den livløse Natur, og vi derefter under Skildringen af de almindelige Livsbetinger gik ud fra, at dette vilde være tilstrækkeligt til at begrunde en Undersøgelse af de Krav, som det levende stiller for at hævde sin Eksistens, og af de Kaar, under hvilke Livsudfoldelse overhovedet er mulig, skal vi nu se lidt nærmere paa selve Livsprocessernes Forløb og søge at tilegne os en dybere Forstaaelse af deres Aarsagsforhold og indbyrdes Sammenhæng. Men det kan kun blive de mere fundamentale Livsytringer eller saadanne, der er fælles for større Grupper af Organismer, vi her kan skænke Opmærksomhed, idet vi fortrinsvis tilstræber at finde de store fælles Love, efter hvilke Livet i Almindelighed føres. Derigennem skulde vi saa ogsaa faa et Indblik i den storslaaede Sammenhæng, der eksisterer saavel indenfor den levende Natur som mellem denne og den livløse, og vi skulde bl. a. komme til en bedre Forstaaelse af, hvilken Stilling vi selv — Menneskene — indtager der.

Imidlertid er det ikke just de Livsytringer, der er de lettest iøjnefaldende, som Dyrenes Bevægelser, Planternes Vækst, Menneskets Sansning og Intelligensakter o. l., der tillige er de mest fundamentale. Disse sidste maa vi søge blandt de Processer, under hvilke der optages, omsættes og frigøres den Drivkraft, som holder Livsmaskineriet i Gang og er en Betingelse for al anden Livsvirksomhed. Og netop Kraftomsætningen, der altid viser sig at staa i Forbindelse med en Omsætning af Stof, er ofte ret vanskelig at paavise og kræver i hvert Fald andre Undersøgelsesmetoder end den direkte Iagttagelse ved Hjælp af vore Sanseorganer. Det er da ogsaa først i den seneste Tid, vi har faaet et

nærmere Indblik i meget vigtige Sider af Kraft- og Stofomsætningen i den levende — og især den dyriske — Organisme, saa vi nu har kunnet begynde at udarbejde en mere nøjagtig Dynamik for den levende Maskines Arbejdsydelse. Og at vi kan faa gode Momenter til Forstaaelsen af Organismens Virkemaade fra Sammenligningen med livsløse Maskiner, vil vi gerne begrunde lidt nærmere.

Alle kunstigt dannede Maskiner fordrer Tilførselen af en Kraftform (Damp, Elektricitet, Vand- eller Vindkraft, levende Kraft, Lys o. l.), som de maa være indrettede paa at modtage og omsætte, for at de kan udføre et Arbejde. Den samme Kraft kan dog udnyttes i højst forskellige Slags Maskiner til lige saa forskelligartet Arbejde, og ofte omsættes Kraften gennem flere Maskiner fra en Form til andre. Men hvor indviklet et saadant sammensat Maskineri end kan være, staar Summen af dets Arbejdsydelse altid i nøje Forhold til dets Kraftforbrug, saa man i Forvejen nøjagtigt kan udregne begge Dele. I al mekanisk Dynamik har Sætningen om Energiens Konstans (se S. 15) vist sig at holde Stik, og dette gælder ogsaa den levende Maskine i alle de Tilfælde, hvor man har kunnet følge og maale Kraftomsætningen. Ogsaa den maa da være indrettet paa udefra at modtage og derefter at kunne omsætte Kraft. Og til et hvilket som helst Arbejde, den skal udføre, det være sig mekanisk, kemisk, thermisk, fotisk eller psykisk, skal den anvende et bestemt Ækvivalent af en eller anden Energiform. Det har ganske vist ikke altid været muligt — navnlig for det psykiske Arbejdes Vedkommende — at bestemme dette Energiækvivalent, men da vi dog ved, at der f. Eks. ogsaa til psykisk Arbejde medgaar Kraft, er der ingen Grund til at tvivle om, at Energiomsætningen ogsaa her følger ganske bestemte Love.

Denne Antagelse, at Sætningen om Energiens Konstans ogsaa gælder fuldt ud for Kraftomsætningen i den levende Maskine (Organismen), er i hvert Fald en af de Hovedhjørnestene, paa hvilken den moderne, eksakte, fysiologiske Forskning hviler.

At alle Maskiner, baade livløse og levende, maa være i Orden, d. e. rigtigt konstruerede og opstillede, for at arbejde tilfredsstillende, og at ethvert Brud paa Maskineriet forstyrrer Arbejdsydelsen, er selvindlysende. Men de har tillige det fælles, at de desuden kræver visse ydre Betingelser opfyldte for at virke, saaledes,

alt efter Maskinernes Art, f. Eks. en passende Temperatur eller Fugtighed i Omgivelserne, Fraværelsen af Hindringer o. s. v., og meget ofte skal der en bestemt Impuls udefra, en Udløsningskraft (et Stød, en fængende Gnist eller, hvad man for Organismernes Vedkommende kalder et Pirringsmiddel) til for at sætte Maskinen i Gang.

Men der er den Forskel mellem de livløse og de levende Maskiner, at de første i Regelen kun kan udføre et bestemt eller i hvert Fald meget nær beslægtede Arbejder, medens de sidste altid er langt mere alsidige og i Stand til at udføre Arbejder af den mest forskellige Kvalitet. Forudsætningen herfor maa derfor være den, at den levende Maskine er langt mere kompliceret i sin Bygning end nogen kunstig, og her staar vi da forsaavidt ved et Punkt, hvor Sammenligningen glipper, som vi ikke kender den levende Maskines Konstruktion i de fineste Detailler. Denne har endvidere det afgørende Hovedfortrin fremfor de livløse Maskiner, at den selv kan sørge for sin Kraftforsyning, at den kan regulere sit Arbejde efter eget Behov og viser en Følsomhed overfor ydre og indre Paavirkninger, der langt overgaar en nok saa kunstfærdig af Menneskehaand konstrueret Mekanismes. Og derfor maa vi ikke vente at kunne forklare andet end netop de groveste Træk i den levende Organismes Arbejdsmaade ved en Sammenligning med den kunstige Maskine. Men da vi foreløbig ogsaa kun forstaar de forholdsvis simpleste Livsytringer eller rettere sagt endnu kun i meget begrænset Grad er i Stand til at forklare Livsvirksomhederne, kan denne Sammenligning alligevel — og netop paa et saa vigtigt Punkt som Stof- og Energiomsætningen — yde os værdifulde Tjenester.

Til Forstaaelsen af den levende Organismes Virkemaade maa vi tage alle de Oplysninger om dens Konstruktion, som vi kan skaffe os, til Hjælp. Og foruden de grovere Træk i dens Bygning, som vi har opdaget ved Mikroskopets Hjælp, og af hvilke vi har givet en kort Oversigt i Afsnittet om Organismernes elementære Bygning (S. 37 ff.), maa vi her føje lidt til om, hvad man ved eller har tænkt sig om Cellens finere Struktur, idet vi jo altid maa søge tilbage til dette Grundorgan for alt levende, i hvilken al Livsvirksomhed foregaar, for at finde en Forklaring paa en hvilken som helst Side af denne.

Vi kommer da hurtigt til den Opfattelse, at selve Cellen, hvor lille den end kan være, altid er en yderst kompliceret Maskine,

bestaaende af mange tildels meget forskelligartede Smaadele, der vel alle staar i det nøjeste indbyrdes Forhold, men af hvilke nogle besørger hver sit bestemte Arbejde. Og det drejer sig her ikke alene om saadanne forholdsvis store Celleorganer som Kærne, Cytoplasma, Bladgrøntlegemer o. l., men igen om disses finere Smaadele, der unddrager sig en direkte Iagttagelse ved selv det kraftigst forstørrende Mikroskop. Paa den anden Side er det just heller ikke Molekulerne af de enkelte Stoffer, hvor stor Betydning Kendskabet til Cellens kemiske Sammensætning end kan have, som vi her har Brug for. Men det er snarere Grupper af Molekuler, der har en bestemt Struktur og en vis Selvstændighed i Henseende til Arbejdsydelse, som vi maa tænke os eksisterende.

Af de mange Hypoteser, der er opstillede angaaende disse saakaldte mindste Livsenheder[1]), som man har givet lige saa mange forskellige Navne, som levende Molekuler, levende Æggehvidestof, Plastiduler, Gemmer, Gemmulæ, Miceller, Pangener, Plasomer, Idioblaster o. s. v., skal vi her kun anføre en enkelt, der i Lighed med Atomteorien, paa hvilken jo som bekendt den moderne Kemi hviler, kan gøre stor Nytte til en billedlig Forklaring af nogle af de mest fundamentale Livsytringer, nemlig den af de tyske Fysiologer L. Hermann og E. F. W. Pflüger begrundede og af Max Verworn benævnede Biogenhypotese, der senere har faaet et betydningsfuldt Supplement ved de af den berømte Berliner-Fysiolog Max Rubner foruden Biogenerne antagne Bionter. Vi skal her i Korthed gengive, hvorledes de to sidste Forskere definerer disse Livsenheder og forklarer deres Betydning.

Ved Biogen har Verworn forstaaet saadanne levende Molekulgrupper af forskellig kemisk Sammensætning (og altsaa ikke alene bestaaende af Æggehvidestoffer), der var i Stand til at udføre forskellige Livsfunktioner og bl. a. i Stand til at ernære sig og vokse (d. e. formere sig). De skulde bestaa af Molekuler i meget ustadig Ligevægt, i en særlig bevægelig (labil) Tilstand, hvorunder de stadig var i Henfald, men samtidig i Stand til at regenerere sig ved Optagelse og Assimilation af Stoffer fra Omgivelserne. Forekomsten af saadanne Biogener godkender ogsaa Max Rubner, og han ser i dem bl. a. Bærerne af de arvelige

[1]) Paa S. 71 er Ordet Livsenhed brugt i en anden Betydning om den selvstændige Livstype, Individet.

Anlæg. Men han gør opmærksom paa, at naar Dyrene har naaet en saadan Udvikling, at Vækst og Nydannelse af Organer hører op, saa kan man ikke længere regne med Biogener i den Forstand, som de er definerede af VERWORN, idet de saa maa have mistet deres Evne til at vokse. Der maa derfor, mener han, ved Siden af eller indenfor Biogenerne og i visse Tilfælde alene findes Livsenheder af en lavere Orden, der kun har de Egenskaber, der er uadskilleligt forbundne med al Livsvirksomhed, nemlig Evnen til at ernære sig, til at nedbryde Stof, til at frigøre Energi og til de andre Arbejdsydelser, der finder Sted i den voksne Organisme, som mangler Evnen til at vokse. Disse de allersimpleste Livsenheder kalder han da Bionter, og han mener, de kan have forskellig Kvalitet, eftersom de tilhører forskellige Dele af Cellen, Protoplasmaet, Kærnen eller andre Organer. Kun ved uafbrudt Næringstilførsel kan de holde sig i Live, for saa vidt de ikke under særlige Forhold er gaaede i en latent Tilstand, hvor de da heller ikke udfører noget Arbejde. Men de kan ikke øse af andre Energikilder end den potentielle kemiske Energi, der er nedlagt i de til Næring egnede Stoffer, medens f. Eks. en Tilførsel af fri Varme ikke kan tjene til deres Underhold men kun pirre dem til at omsætte saa meget mere af kemisk Energi. Og unddrages de Næringsstoftilførsel, der er uadskillelig knyttet til deres Eksistens, gaar de til Grunde og kan saa i det højeste selv tjene som Næringsstof for andre Bionter, der maatte savne tilstrækkelig Tilførsel udefra, noget, der sker almindeligt, naar en Organisme sulter eller er underernæret. Ved en derpaa følgende rigeligere Næringsforsyning kan Bionter — af samme Kvalitet som de overlevende — igen rekonstrueres, men de har ikke som Biogenerne Evne til at danne nyt levende Stof af en anden Kvalitet end de selv, saaledes som det sker, hvor der er Tale om en virkelig Vækst [1]).

Til Forstaaelsen af Cellernes Stofoptagelse og Stofudskilning maa vi endvidere antage en ejendommelig Struktur i de Dele af Protoplasmaet, som afgrænser Celleindholdet udadtil og mod Cellevæggen, hvor en saadan findes. Ti medens Cellevæggen lader alle luftformige og opløste Stoffer passere, er det ikke ethvert saadant Stof, der kan trænge ind eller ud igennem det yderste Protoplasmalag, det saakaldte Hudlag eller Ektoplas-

[1]) Den Adskillelse, RUBNER gør mellem Vækst og Rekonstruktion, er imidlertid noget uklar og næppe helt rigtig.

maet. Dette fungerer nemlig som de halvtigennemtrængelige Hinder, der blev omtalte Side 202 (se ogsaa S. 203), og under hvis Tilstedeværelse visse Stoffer kan komme til at udøve et osmotisk Tryk. Og de osmotiske Spændinger, der kan herske i levende Celler, betinges da heraf. I disse Hudlag antager man, at Smaadelene, mellem hvilke de ind- og udtrængende Stoffer skal passere, har en tættere Lejring end i den øvrige Del af Protoplasmaet, men de er desuden ogsaa ofte saaledes anordnede, at de kun tillader et Stof at passere i én Retning, f. Eks. indad, men ikke i modsat Retning, udad. Nogen klar Forestilling om de Bygningsforhold i Protoplasmaet, der er Aarsagen hertil, har vi imidlertid ikke, men det er tydeligt, at vi ogsaa her har med en ejendommelig fysisk Struktur at gøre, og at det ikke alene er i den kemiske Sammensætning af Hudlagene[1]), vi kan vente at finde Forklaringen. Ti saa snart Cellen dør, forandres Strukturen, og Hudlagene bliver, som Cellevæggene, heltigennemtrængelige for alle opløste og luftformige Stoffer, og dette i lige høj Grad i modsatte Retninger. Det er derfor kun tildels ud fra de kendte Love for Osmosen, at vi kan forklare Stofoptagelse og Stofudskilning i den levende Celle. —

Idet vi saaledes — rigtignok nærmest ad hypotetisk Vej — har søgt at skaffe os et lidt nærmere Indblik i den levende Maskines Konstruktion, skal vi igen vende tilbage til en Betragtning af den Kraftomsætning, der foregaar i den, og til de forskellige Slags Arbejde, den er i Stand til at præstere.

Det synes at være et meget begrænset Antal Energiformer, den levende Organisme kan udnytte. Det er f. Eks. ikke sandsynligt, at den kan anvende og omsætte direkte tilført fri Varme, Elektricitet, Magnetisme eller mekanisk Energi[2]), som saa mange kunstige Maskiner kan det, og kun de med Bladgrønt forsynede Celleorganer vides at kunne udnytte Lysenergi. Dette sidste, mere specielle, Forhold er imidlertid af overordentlig stor Betydning for den levende Natur som Helhed, indirekte ogsaa for de Organismer, der ikke fører Bladgrønt, og herpaa vil vi komme udførligere ind i

[1]) Disse antages forøvrigt for en væsentlig Del at bestaa af de S. 9 og 262 omtalte Lipoïder.

[2]) Naar disse Kræfter dog kan øve en saa afgørende Indflydelse paa Organismens Arbejdsydelse, er det ikke ved direkte Kraftoverføring. men kun som Udløsningskræfter, Irritamenter, eller ved at hidføre en Tilstand, som er Betingelsen for andre Energiformers Udnyttelse.

de følgende Afsnit. Men de Energiformer, der kan udnyttes af alle levende Celler, er derimod Overfladeenergi, som Adhæsionskræfter og osmotiske Kræfter (se S. 197 ff.), og fremfor alt den i visse Molekuler bundne potentielle kemiske Energi, som det hører til Bionternes Ejendommeligheder at kunne frigøre og omsætte i alle de forskellige Energiformer, der ellers optræder i den levende Organisme.

Men da der til ethvert biologisk Arbejde, som før nævnt, kræves et bestemt Energiækvivalent, og saavel Overfladeenergien som den kemiske Energi kun kan virke under Omlejring og Omsætning af Stof, vil et Stof- og et Kraftskifte være uløseligt knyttede til hinanden i den levende Organisme og til al Livsvirksomhed, som derfor altid har et materielt Grundlag. Optagelse og Forbrug af Stof til Produktion af Energi bliver saaledes de mest fundamentale af alle Livsytringer og derfor ogsaa dem, der først skal behandles i de efterfølgende Afsnit.

Foruden til Frembringelse af Energi finder det optagne Næringsstof imidlertid ogsaa anden Anvendelse. Det tjener under Organismens Vækst og Udvikling som Bygningsmateriale til Forøgelse af den levende Stofmasse, og det kan tjene til Dannelsen af forskellige nyttige Sekreter, der i Regelen udskilles af Organismen. Det omformes i det hele taget paa utallige Maader under de forskellige Cellers og Organers Stofskifte, dels under Opbygnings- dels under Nedbrydningsprocesser, og der sker uafladelig en Stofvandring fra det ene Sted til det andet i Organismen.

Ved disse Stofnydannelser, Stofomlejringer og Stofudskillelser undergaar da Organismen tillige forskellige Slags af Formskifte, der er mest iøjnefaldende ved Vækstfænomenerne og under Forplantningen, som begge hører til de fundamentale Livsytringer, hvoraf Arternes fortsatte Bestaaen og Livets Opretholdelse i Almindelighed er afhængig.

I enhver levende Celle foregaar der endvidere Bevægelser af forskellig Art, og ofte er jo som bekendt Individet i Stand til enten at flytte sig fra Stedet (har Selvbevægelighed) eller til at forandre Stilling (ved at skifte Vækstretning, ved Formskifte, ved Hævning, Sænkning og Drejning af enkelte Organer o. s. v.), saa Bevægelsesevnen ogsaa maa siges at være noget fundamentalt for det levende.

Den uhyre store Følsomhed for ydre Indtryk, Irritabili-

teten, der gør det muligt for Organismen at ændre og regulere sin Arbejdsydelse og derigennem indenfor visse Grænser at tilpasse sig til de herskende Livskaar, vil vi træffe i mere eller mindre iøjnefaldende Grad hos alle levende Væsener, og mest udpræget hos dem, der er udstyrede med Nervesystem og forskellige specialiserede Sanseorganer; og med en vis Udvikling af Centralnervesystemet følger endelig Evnen til at udføre højere psykiske Funktioner, der staar i inderlig Vekselvirkning med alle andre Livsytringer.

Idet vi nu gaar over til at behandle de vigtigste af disse hver for sig, maa det da erindres, at de enkelte Funktioner i Regelen ikke kan isoleres, men at de paa de mangfoldigste Maader griber ind i og staar i Afhængighedsforhold til hinanden, og derfor vil et Brud paa et enkelt Led af denne indviklede Mekanisme altid have en større eller mindre Forstyrrelse af alle andre Funktioner og af Organismens almindelige Tilstand til Følge, og en forøget Arbejdsydelse af et Organ vil kunne medføre en tilsvarende Forøgelse eller Formindskelse af andre Organers Arbejde.

2. Ernæringsvirksomhed.

Al Ernæringsvirksomhed forudsætter en Optagelse af Stof udefra i den levende Celle, dels til Erstatning for det Stof, der stadig tabes til Omgivelserne under Livsvirksomheden (ved Aandedræt, Transpiration og Sekretioner af anden Art samt ligefrem ved Slid), dels til Vækst og Nydannelse af Celler under Organismernes Udvikling og Forplantning.

Men Ernæringen bestaar ikke alene i og er ikke i hvert givet Øjeblik direkte afhængig af en saadan Stofoptagelse udefra. Den kan ogsaa foregaa paa Bekostning af den Stofbeholdning, Organismen allerede raader over, og da ikke alene af det Overskud, som den under gunstige ydre Ernæringsbetingelser har anlagt i særlige Organer som Reservenæring (se S. 105), men ogsaa af dens normale Bestanddele under Forhold, hvor den ikke kan siges at være i Besiddelse af noget overflødigt Stof. I sidste Tilfælde, der kan indtræde, naar Organismen i længere Tid har været afskaaren fra Stofoptagelse udefra, gaar det da ud over vigtige levende Cellebestanddele, og Organismen lider herunder ved at fortære sig selv, indtil saa meget af dens Legeme er brugt, at den

dør af Sult (se S. 106—110). Ti Ernæring maa foregaa, saalænge der overhovedet finder Livsvirksomhed Sted, og den foregaar i alle livsvirksomme Celler, ikke alene i dem, vi sædvanlig kalder Ernæringsorganerne, og som besørger Stofoptagelsen udefra. Ja, det er end ikke de enkelte Celler, der rettelig bør opfattes som Ernæringsorganerne i egentlig Forstand, men de langt mindre Livsenheder, Bionterne (se S. 404—405), som besørger det med Energiproduktionen nøje forbundne Stofforbrug. Og indenfor den enkelte Celle kan derfor de enkelte Bionter leve paa andre Bionters Bekostning indtil en vis Grænse, men selvfølgelig aftager saa ogsaa det samlede Arbejde, Livsmekanismen kan udføre, med Antallet af levende Bionter.

Naar Ernæringsvirksomhed er saa inderligt knyttet til al anden Livsvirksomhed, hænger dette sammen med, at Kraftforbruget i den levende Celle — saa vidt vi ved — altid kræver en tilsvarende Kraftproduktion paa selve Stedet. Vi kender fra den levende Maskine ikke det Forhold, der er saa almindeligt i kunstige Maskiner, at man kan lede Kraften — ofte over store Afstande (som f. Eks højspændt Elektricitet) — fra Produktions- til Forbrugsstedet. For saa vidt er da hver enkelt Celle, ja hver Biont, at betragte som en selvstændig Maskine, med sin særlige Stof- og Kraftøkonomi. Skal et Organ eller en Celle hente Kraft fra et andet Organ eller fra en anden Celle, maa det blive i Form af Stof, som er ladet med hvilende (potentiel) Energi, der da først frigøres, i samme Øjeblik som Kraftanvendelsen finder Sted.

Medens saaledes Næringsforbruget er kontinuerligt, kan Næringsstofoptagelsen udefra i Almindelighed afbrydes i kortere eller længere Perioder, alt efter Forholdet mellem Omsætningens Livlighed og Mængden af Legemets Stofbeholdning. Men der er dog ét vigtigt Stof, der vel i Almindelighed ikke betragtes som et Næringsstof, skønt det ligesaavel som andre fortjener dette Navn, nemlig den frie Ilt, som næsten alle Organismer uafbrudt maa optage udefra til Underhold af Aandedrætsvirksomheden; ti af dette Stof kan der ikke anlægges nævneværdige Beholdninger, og den Rolle, det spiller under Stofskiftet, kan kun undtagelsesvis overtages af andre Stofomsætninger. Da det imidlertid hovedsageligt virker under Stofnedbrydninger i Cellernes Indre, vil vi opsætte den nærmere Omtale af dets Optagelse til et senere Afsnit om Aandedrættet (under »Stof- og Energiskifte«).

Ved disse almindelige Bemærkninger om Ernæringsvirksom-

heden har vi udvidet dette Begreb noget, ud over hvad der ellers er gængs. Men paa andre Punkter vil vi saa til Gengæld drage noget snævrere Grænser om det, idet vi hertil ikke vil regne den særlige Anvendelse, Organismen gør af Næringen, hvad enten det er til Opbygning og Nydannelse af Cellemateriale eller til Energiproduktion ved Nedbrydningsprocesser og Udskillelse af de Produkter, der herved er blevne værdiløse for den. De herhen hørende Forhold vil derimod finde Omtale i et følgende Afsnit om »Stof- og Energiskifte. Assimilation og Dissimilation«, og i dette vil da bl. a. ogsaa visse Sider af den for de grønne Planter saa vigtige Ernæringsproces, der kaldes Kulsyreassimilationen, blive behandlet.

Men det skal dog indrømmes, at denne Adskillelse af Stofoptagelse og Stofanvendelse er noget vilkaarlig, idet disse Virksomheder altid foregaar samtidig i den levende Organisme, og den sidste for en stor Del betinger den første, ligesom Stofnedbrydning altid foregaar jævnsides med Stofopbygning, og disse ogsaa gensidig betinger hinanden. Saa kompliceret er nu en Gang Livsmaskineriet, og det er blot af pædagogiske Hensyn, for at lette Forstaaelsen af det indviklede Sammenspil mellem forskellige Livsvirksomheder, at vi søger at analysere disse og saa vidt muligt at betragte de enkelte Led i Livskæden for sig, for derefter bedre at faa Øje paa Sammenføjningerne.

Næringsoptagelse i Almindelighed.

Af de Stoffer, der kan tjene levende Væsener som Næring (Se S. 83—102), forekommer nogle i en saadan Tilstand i Naturen, at de direkte kan optages i Cellerne, medens andre maa underkastes en Bearbejdning, før dette kan ske. Man sondrer herefter mellem egentlige Næringsstoffer og Næringsmidler, af hvilke de sidste maa omdannes til de første for at kunne tjene som Næring. Medens Næringsmidlerne udgør et ret stort Antal forskellige kemiske Forbindelser og Blandinger af saadanne, indskrænker de virkelige Næringsstoffer sig til forbavsende faa, af hvilke de vigtigste tidligere er nævnte (S. 86 og 96—97).

Som almindelig Betingelse for al Næringsoptagelse synes at gælde, at Næringsstofferne maa være tilstede i luftformig eller flydende (opløst) Tilstand, idet alle levende Celler er omgivne af saa tætte Hinder og Protoplasma-Hudlag, at

faste Stoffer ikke kan trænge igennem dem. Fra denne Regel anføres gerne to Undtagelser, af hvilke den første dog kun er tilsyneladende, den sidste endnu omdisputeret. Det drejer sig her henholdsvis om den Optagelse af faste Stoffer i Protoplasmaet, som nøgne Slimdyr og -planter, Amøberne, (hvortil ogsaa de hvide Blodlegemer, Fagocyterne, kan regnes), er i Stand til, og om Fedtoptagelsen i Dyrenes Fordøjelseskanal. De faste Stoffer, der optages i Amøbernes nøgne Protoplasmakrop, er dog kun at betragte som Næringsmidler, af hvilke alene de Bestanddele, der kan bringes i Opløsning, virkelig finder Anvendelse, medens Resten senere igen udstødes af Protoplasmaet. Og angaaende Fedtresorptionen er man endnu ikke helt klar over, om denne først foregaar efter en Spaltning af Fedtstoffet i Glycerin og frie Fedtsyrer, der begge er opløselige, eller om der ogsaa optages ganske smaa, emulgerede, Fedtkugler, der skulde kunne smutte ind imellem fine Sømme i Tarmepithelcellernes Ydervægge. (Se senere.)

De luftformige og opløste Stoffer diffunderer da ind igennem Cellehinderne, af hvilke Protoplasma-Hudlagene i levende Tilstand fungerer som halvtigennemtrængelige Hinder, der ikke just tillader alle opløste Stoffer at passere (se S. 201—204). For Optagelsen af Næringsstoffer spiller da uden Tvivl de osmotiske Kræfter en betydningsfuld Rolle, og man ser den ogsaa ofte foregaa efter de almindelige Love for Osmosen, som man kender fra kunstige osmotiske Apparater i den livløse Natur. Men i flere Tilfælde kan man rigtignok ikke forklare den herudfra, ja, den synes endogsaa ofte at trodse Osmosens Love, som naar der af en Række letopløselige Salte, der findes sammenblandede, udvælges nogle enkelte og ikke altid just de, der har den største Diffusionsevne, eller naar et Stof ophobes i langt større Koncentrationer inde i en Celle, end det findes i den omgivende Næringsopløsning. Her synes der at foregaa en Udvælgelse i Kraft af en aktiv Livsvirksomhed, paa hvilken vi foreløbig ingen fyldestgørende Forklaring kan give (se ogsaa S. 405—406). Men uden at være i diffusibel Tilstand kan Næringsstofferne i hvert Fald ikke optages. Kolloidale, ɔ: i Vand udbulnede, men ikke virkelig opløste, Stoffer kan saaledes ikke direkte anvendes som Næring.

Og alligevel hører nogle af Kolloiderne, som Stivelseklister og Æggehvidestoffer, der kun kan danne uægte Opløsninger i Vand, eller endog helt uopløselige faste Forbindelser som Cellulose og de mange med den beslægtede Stoffer til de allervigtigste Nærings-

midler for en stor Gruppe (de heterotrofe) Organismer. Men disse er da ogsaa i Stand til ar underkaste de nævnte Kolloider og faste Stoffer en saadan spaltende Bearbejdelse, at der fremgaar virkelig opløselige og diffusible Næringsstoffer (Krystalloider) af dem. Og denne Bearbejdelse udfører de ved Hjælp af et ejendommeligt Værktøj, der netop er karakteristisk for de levende Celler til Udførelse af mange Slags forskelligt kemisk Arbejde under deres Stofskifte, og som derfor ogsaa her skal omtales lidt nærmere, nemlig de saakaldte

Enzymer eller Fermenter. Disse Navne betyder egentlig Gærstoffer, og ved Fermenter benævner man ogsaa ofte Gæringsorganismer (forskellige Bakterier og Svampe), der fører saadanne Stoffer, ligesom Enzym- eller Fermentvirkninger i Hovedsagen falder sammen med, hvad man forstaar ved Gæringer (se senere). Og det har nu vist sig, at en meget stor Del af de kemiske Processer, der foregaar i saavel lavere som højere Organismer eller iværksættes af disse udenfor Cellerne under Indvirkning af udskilte Enzymer, i deres Væsen og hele Forløb er af ganske samme Natur som de Processer, man tidligere benævnede ægte Gæringer, og som man mente alene kunde fremkaldes af levende Mikroorganismer.

Det er højst mærkværdigt, at en Række kemiske Processer, som man slet ikke eller kun med stort Besvær (f. Eks. ved Anvendelsen af høj Temperatur eller meget lang Tids Indvirkning af et eller andet Stof) kan udføre i Laboratoriet ved de almindelige kemiske Metoder, forløber hurtigt, ved forholdsvis lav Temperatur og uden nævneværdig Energianvendelse i den levende Celle. Men hvis man af denne udtrækker de Stoffer — in casu de særlige Enzymer — ved Hjælp af hvilke den udfører sit kemiske Arbejde, kan man ogsaa faa disse til at virke udenfor Cellen under lignende Betingelser som dem, der hersker i denne. Og herigennem har man da faaet Nøglen til en — omend hidtil ret ufuldkommen — Forstaaelse af mange vigtige Stofskifteprocesser.

De paagældende Enzymer lader sig nemlig forholdsvis let udtrække (med Vand eller Glycerin o. a.) eller udpresse af levende eller døde Celler, og de kan da ofte i lang Tid, navnlig i indtørret Tilstand, bevare deres særlige Evner til kemiske Omdannelser af bestemte Stoffer. Det er nu i Reglen saa, at et enkelt Enzym kun kan paavirke et enkelt Stof eller nogle faa meget nær beslægtede Forbindelser. De skal passe til dette eller disse som en Nøgle til en Laas, og deres Virkning bestaar da netop oftest

i, at de lukker det paagældende Molekule op paa en bestemt Maade og spalter det i flere mindre Molekuler af samme eller forskellig Slags. Og dette gør de uden tilsyneladende at forene sig med Stoffet, eller ogsaa indgaar de kun en forbigaaende Forbindelse med det, som snart løses igen, saa at den samme Enzymmængde kan paavirke en mange Gange (undertiden flere Hundrede Tusinde Gange) større Mængder af det andet Stof, medens Virkningen dog altid indtil en vis Grænse staar i Forhold til Mængden af Enzym. Derfor ser det ud, som om Enzymerne kun virker udløsende eller fremskyndende paa Processer, som Stofferne selv har en, men kun meget ringe, Tilbøjelighed til at undergaa. De virker paa en lignende Maade som Gnisten paa Krudtet, men uden dog at fremkalde en saa voldsom og pludselig Eksplosion. Tværtimod tager Enzymvirkninger altid nogen Tid, men de kan forløbe med yderst forskellig Hastighed efter de ydre Betingelser, der er tilstede. Saaledes vil de paa lignende Maade som andre fysiologiske Processer være i høj Grad afhængige af Temperaturen og her have et Optimum, der udenfor den levende Celle i Regelen ligger mellem 40° og 60°, medens deres Minimum sædvanlig ligger nogle faa Grader over 0° og deres Maksimum (ɔ: den Temperatur, ved hvilken de helt destrueres) nogle faa Grader over deres Optimum (se herom S. 125—129 og Fig. 84,9). Endvidere paaskyndes de i Regelen ved Tilstedeværelsen af en ringe Mængde fri Syre (Brintioner), hvis Indvirkning kan udtrykkes ved en lignende Kurve som Temperaturens, medens de sædvanlig hæmmes af frie Baser (Hydroxylioner). De er tillige ofte meget følsomme overfor bestemte Stoffer, der virker paa dem som Gifte paa levende Celler og enten lammer eller helt ødelægger dem, o. s. v.

Der er altsaa hos Enzymerne meget, der minder om den levende Celle, og de er maaske ogsaa at betragte som levende Stof, der bevarer nogle af dettes Ejendommeligheder, efter at det er isoleret fra Cellen. Men andre af de mest karakteristiske Egenskaber ved det levende, bl. a. Evnen til at formere sig eller forøge sin Stofmasse, taber de rigtignok derved, medens Cellen har det i sin Magt at kunne danne Enzym efter sit Behov. Kunstigt, d. e. udenfor Cellen, er det hidtil ikke lykkedes at fremstille dem. Men vi kender heller ikke deres kemiske Sammensætning og har hidtil i det hele taget ikke kunnet fremstille dem i ren Tilstand, saa en Analyse af dem kunde give paalidelige Resultater. Vi ken-

der imidlertid andre rent uorganiske Stoffer, der kan udøve lignende Virkninger som Enzymerne, f. Eks. fortyndede Syrer og Baser, visse Metaller som Guld, Sølv og Platin i kolloidal Tilstand eller som fint fordelte Pulvere, men disses Afhængighed af ydre Faktorer, som f. Eks. af Temperaturen, er rigtignok forskellig fra Enzymernes.

Derfor har man ogsaa tænkt sig, at der til Enzymerne skulde være knyttet en bestemt selvstændig Energiform, eller at de i sig selv skulde være en saadan af ganske immateriel Natur, der i Lighed med Elektricitet og Magnetisme skulde kunne knyttes til vekslende kemiske Forbindelser (M. ARTHUS), men slige Opfattelser har man dog almindeligt forladt, og man opfatter nu Enzymerne som virkelig kemiske Substanser af en foreløbig ukendt Sammensætning.

Som Eksempler paa de kemiske Processer, der kan iværksættes ved Hjælp af Enzymer, skal her nævnes nogle af de vigtigste og almindeligste. De kan efter deres Art deles i følgende 3 Hovedgrupper:

1. Stivelse kan ved Enzymet Diastase omdannes til Dekstrin og Maltose; dette sidste ved Maltase til Druesukker (Dekstrose)[1]). Rørsukker kan ved Invertase omdannes til lige Molekuler Frugtsukker (Lævulose) og Druesukker (Dekstrose). Cellulose kan af Cellulase omdannes til Druesukker. Æggehvidestoffer kan ved proteolytiske Enzymer (Peptase eller Pepsin og Tryptase eller Trypsin, Erepsin m. fl.) spaltes i en Række mindre Molekuler som Albumoser, Peptoner, Aminosyrer, Syreamider, Ammoniak o. s. v. Fedtstoffer kan af Lipaser spaltes i Glycerin og frie Fedtsyrer og forskellige Glykosider kan spaltes af Glykosidaser som Emulsin (Amygdalase), Rhamnase o. a. i Druesukker og forskellige aromatiske Forbindelser. — Alle de her nævnte Processer er saakaldte Hydrolyser, d: Spaltning af større Molekuler i mindre under Vandoptagelse, hvorved Opløselighed, Diffusionsevne o. l. forøges. Og det er netop disse, der fortrinsvis foregaar under den Bearbejdelse af Næringsmidlerne til Næringsstoffer, som kaldes Fordøjelse (se S. 416 og senere).

---

[1]) Af Dekstrose kan det samme Enzym forøvrigt under visse Betingelser gendanne Maltose, og en saadan tilbagegaaende Virkning (Reversibilitet) kender man fra flere andre Enzymer; maaske tilkommer den alle.

2. Druesukker kan ved et i Gærsvampe og flere andre Planter forekommende Enzym, der først er bleven kaldt Zymase, men som dog muligvis bestaar af flere Enzymer[1]), spaltes til Alkohol og Kulsyre. Af andre Enzymer, der forekommer hos forskellige Gæringsorganismer, kan Druesukker endvidere spaltes til Mælkesyre eller Eddikesyre eller Smørsyre (med en Del Biprodukter) o. s. v. — kort sagt, det kan sønderdeles ved en Række dybtgaaende Spaltninger af forskellig Art, uden at der herved finder nogen Vandoptagelse (Hydrolyse) Sted, som ved den første Gruppe Enzymvirkninger. Andre mere sammensatte Kulhydrater kan spaltes paa lignende Maade, men i mange Tilfælde har dog Druesukker vist sig at være Mellemprodukt. Da man oprindelig kun kendte Mikroorganismer som Aarsag til disse Spaltninger, af hvilke flere nu ogsaa vides at kunne iværksættes af Enzymer, som er isolerede fra de levende Celler, mente man tidligere i denne Gruppe at se de »ægte« i Modsætning til saadanne »uægte« Gæringer, der kunde fremkaldes ved Enzymer alene. Ogsaa disse Enzymvirkninger spiller en Rolle ved flere Mikroorganismers Ernæring, idet f. Eks. Mælkesyrebakterierne aabenbart benytter den ved Mælkesyregæringen dannede Mælkesyre som Næringsstof.

3. Mange Stoffer af højst forskellig Art undergaar en Iltning ved Enzymer, som man kalder Oxydaser. Disse spiller dog næppe nogen Rolle ved selve Ernæringsvirksomheden, medmindre man hertil ogsaa regner Aandedrættet, men er derimod af største Betydning under Stof- og Energiskiftet i den levende Celle, hvorfor vi senere vil komme tilbage til en Omtale af dem.

Man vil af de nævnte Eksempler se, at det bl. a. er Stoffer af høj molekular Sammensætning og netop saadanne, der som Æggehvidestoffer, Kulhydrater og Fedtstoffer udgør de heterotrofe Organismers vigtigste Næringsmidler (se S. 96), paa hvilke Enzymer er i Stand til at virke spaltende og opløsende. Og hvor disse Stoffer forekommer i Organismerne eller tjener som Næring for dem, vil vi da ogsaa altid træffe Forekomsten af tilsvarende Enzymer paa Tidspunkter, hvor de paagældende Stoffer skal tages

---

[1]) Nogle mener saaledes ved Sukkerets Spaltning til Alkohol og Kulsyre at have paavist Mælkesyre, andre (P. Boysen Jensen) Dioxyacetone som Mellemprodukter, hver opstaaede ved særlige Enzymer.

i Brug. I alle levende Celler, hvor der foregaar Stofomlejringer, kan man da gerne paavise Enzymer af forskellig Art, der ved en Fordøjelsesakt præparerer de organiske Stoffer i og udenfor Cellen saaledes, at de kan optages og anvendes af de energiproducerende Bionter.

Fordøjelse er nemlig en Virksomhed, der ikke alene udøves overfor de Stoffer, der skal optages som Næring udefra, ved Fordøjelsesvædsker (Enzymer), der da udskilles af Cellen (extracellulært), men den foregaar i lige saa stort Omfang inde i de Celler (intracellulært), der enten selv skal tage en i uopløselig Form aflejret Reservenæring i Brug eller aflevere direkte anvendelige Næringsstoffer til andre Celler i Organismen. Kun hvor Næringsstofferne som saadanne forekomme udenfor eller i Cellen, er en Fordøjelse overflødig. —

Hvad der kan tjene som virkelige **Næringsstoffer** for Organismerne, er i de store og almindelige Træk som nævnt forbavsende faa og næsten altid de samme Stoffer; men det drejer sig her om to forskellige Grupper, der tjener forskellige Formaal.

Den levende Organisme kræver jo, som omtalt S. 7, et bestemt Antal Grundstoffer til sin Konstitution. Nogle af disse optages i Forbindelser, der, som Vand og forskellige Salte, omtrent er de samme som dem, hvori de forekommer i Organismen, og da det her gerne drejer sig om helt iltmættede Forbindelser, er de ikke i Stand til ved deres Omsætning at levere nogen Energi til Livsarbejdet; tværtimod kræver de ofte Tilførsel af Energi for at kunne anvendes. En anden Gruppe Forbindelser og hovedsageligt saadanne organiske Stoffer som Æggehvidestoffer, Fedtstoffer og Kulhydrater anvendes derimod for en stor Del eller — som Kulhydraterne af Dyrene — næsten udelukkende til Produktion af Energi. Men af disse er dog altid nogle tillige vigtige til Dannelsen af nyt Cellemateriale, efter at de i Regelen har undergaaet gennemgribende Omdannelser, som vil blive nærmere omtalte senere (under »Assimilation«).

Det har nu imidlertid vist sig, at foruden disse almindelige Næringsstoffer, der synes at kunne anvendes af saa godt som alle Organismer, findes der — navnlig blandt organiske Forbindelser — en Del, der kun kan tjene som specifike Næringsstoffer for bestemte, snævrere Grupper af Organismer. Dette gælder saaledes en Del organiske fede Syrer og Alkoholer, en stor Del aromatiske

Forbindelser m. fl. Og Aarsagen hertil kan enten være, at de kræver Tilstedeværelsen af bestemte Enzymer for at kunne bearbejdes til andre almindelige Næringsstofgrupper, eller at de viser en særlig Overensstemmelse i Bygning med de Bionter, der skal anvende dem. Det synes nemlig, som der skal være en vis kemisk og fysisk Overensstemmelse mellem Bionterne og de Næringsstoffer, de kan anvende, paa samme Maade som mellem Enzymerne og de Stoffer, de kan paavirke, eller mellem visse farlige Gifte, Toksinerne, og bestemte Atomgrupper i de Organismer, der viser en specifik Modtagelighed for disse Gifte. Dette har EHRLICH, som omtalt S. 266 ff., søgt at give en billedlig Forklaring paa gennem sin bekendte Sidekædeteori, i hvilken Sidekæderne eller de enkelte haptofore Atomgrupper (Receptorerne) omtrent vil svare til det, som RUBNER kalder Bionter. Og kun, hvor disse da har en fra den almindelige Type afvigende Bygning, kan de optage og anvende tilsvarende Næringsstofgrupper.

Autotrof Ernæring. Kulsyreassimilation.

Den Gruppe af Organismer — de bladgrøntførende og enkelte andre Planter —, der kaldes de autotrofe, kan, som nævnt S. 84, helt nøjes med uorganiske Næringsmidler og saadanne, der ikke tilfører dem nogen som helst potentiel Energi, nemlig for Størstedelen ganske smaa og simple, helt iltmættede Molekuler, der ogsaa direkte kan tjene som Næringsstoffer. Kun i enkelte Tilfælde maa Planterne frigøre disse Stoffer eller bringe dem i Opløsning (ved udskilte Rodsyrer o. l.) af mere sammensatte Mineralier, før de kan optage dem, men nogen Fordøjelsesakt, som den, der maa iværksættes overfor en Række organiske Næringsmidler, er her ikke nødvendig. De paagældende uorganiske Næringsstoffer trænger da let ved simpel Diffusion fra Omgivelserne — Luften, Vandet og Jordbunden — ind i den levende Celle, og først inde i denne undergaar de en egentlig Bearbejdning.

Hvilke Næringsstoffer der er nødvendige eller almindeligt anvendes af de autotrofe Organismer, er omtalt tidligere (se S. 86), men vi skal her tilføje noget om, hvorledes og under hvilke Betingelser de optages.

De allerfleste af de paagældende Næringsstoffer optages af Landplanterne gennem Rødder eller rodlignende Organer, men af de i Vand nedsænkede Planter, der ofte mangler Rødder, kan

de optages gennem hele Legemets Overflade. Da de oftest kun forekommer i meget ringe Mængder i Jordbunden, forgrener Rødderne sig i Regelen stærkt for at frembyde saa stor en Optagelsesoverflade som muligt. Dog er det ikke alle Rødder eller Rodgrene, der fungerer ved denne Virksomhed. Kun de yngste Partier af de fine »Sugerødder« gør dette, men disse er saa til Gengæld paa et Bælte lidt bag Rodspidsen forsynede med et tæt Filt af ganske haarfine, men ofte flere Centimeter lange, Rodhaar

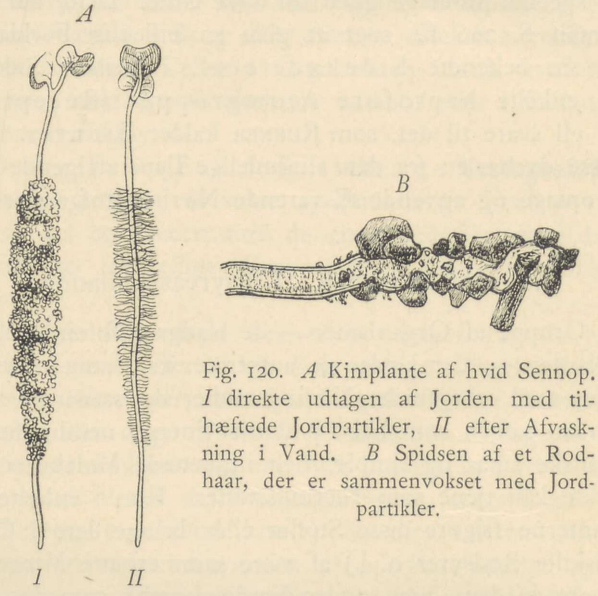


Fig. 120. *A* Kimplante af hvid Sennop. *I* direkte udtagen af Jorden med tilhæftede Jordpartikler, *II* efter Afvaskning i Vand. *B* Spidsen af et Rodhaar, der er sammenvokset med Jordpartikler.

(Fig. 120), der er Udposninger fra Overhudscellerne, og som borer sig under Slyngninger og Krumninger ind imellem de faste Jordpartikler (se ogsaa Fig. 91), til hvilke de undertiden klæber fast; men netop ved denne inderlige Berøring bliver de i Stand til gennem udskilte Sekreter (Kulsyre, sure Fosfater eller organiske »Rodsyrer«) at paavirke de faste Mineralier og bringe den Del af disse, der kan tjene som Næringsstof, i opløst Tilstand, saa den let kan optages. Fra Vandet i Jordbunden optager de de allerede opløste Næringssalte, og fra de luftfyldte Porer indsuger de Ilt til deres Aandedræt. Da Rodhaarene kan forekomme i et Antal af flere Hundrede pr. Kvadratmillimeter af Rodens Overflade, bliver

denne altsaa forøget i ganske overordentlig høj Grad, og i Forhold hertil da ogsaa dens Opsugningsevne. Det er nemlig gennem disse Haar, at Hovedmassen af de store Vandmængder, Landplanterne forbruger, optages, og hvis en Plantes Rodhaar (ved Omplantning, Oprykning, Frysning af Jorden o. l.) rives over, vil den første Virkning heraf gerne vise sig i, at Planten visner, selv om den befinder sig i nok saa fugtig en Jord.

Gennem Rodhaarenes tynde Cellulosevægge og de indenfor disse liggende Protoplasmahudlag optages nu Vandet og Næringssaltene ved Diffusion, hvorunder de osmotiske Forhold kommer til at spille en overordentlig stor Rolle. Findes der f. Eks. forholdsvis rigeligt af osmotisk virkende Salte i Jordbunden (eller Vandet), saaledes som det undertiden kan blive Tilfældet i en for tør Jord, der gødes med Gødningssalte, kan dette forhindre Rødderne i at optage de fornødne Vandmængder, eller det kan endog udsætte dem for en Udtørring, ved at der trækkes Vand ud af Cellerne, som da bliver slappe og ude af Stand til at fungere. Kun hvor Jordvandet (det i Jordens Porer værende Vand) repræsenterer en meget svag Saltopløsning, der helst ikke maa naa op til mere end 2—3 $^0/_{00}$ — og som i Regelen i naturlig Jordbund kun udgør Brøkdele af Promille — kan den normale Næringsoptagelse finde Sted. Som tidligere omtalt følger denne nu ikke nøje de almindelige fysisk-kemiske Love for Diffusion og Osmose, men der sker en Udvælgelse mellem de forskellige Salte, der forekommer i opløst Tilstand, saa at fortrinsvis de, som Planten har mest Brug for, optages, og en Del andre lades urørte tilbage. Her ser vi da en aktiv Livsvirksomhed, som vi foreløbig ikke fyldestgørende kan forklare, foregaa, og paa denne indvirker de samme Faktorer, der har Indflydelse paa al Livsvirksomhed, som f. Eks. Temperaturen, saaledes at Næringsoptagelsen helt standser, naar Jorden bliver for kold eller for varm, medens den foregaar livligst ved en mellemliggende Temperatur, i Regelen omkring 25—35°. Gifte og andre lignende skadelige Faktorer kan helt ophæve Næringsoptagelse, medens alt, hvad der fremmer Livsvirksomhed overhovedet — som f. Eks. en rigelig Adgang af Ilt — ogsaa paaskynder denne.

Ilten, der jo ogsaa kan betragtes som et Slags Næringsstof, og tilmed et af de allervigtigste, som der er Brug for i alle livsvirksomme Celler, baner sig Vej til disse ved Diffusion gennem hele Legemets ydre og indre Overflade (i sidste Tilfælde fra Inter-

cellulærrummene, der gennem Spalteaabninger og Korkporer staar i Forbindelse med Omverdenen), og Optagelsen kan ske saavel direkte fra Atmosfæren som fra den i Vandet absorberede Ilt.

Den anden Luftart, der er et saa overordentlig vigtigt Næringsstof for bladgrøntførende Planter, Kulsyren, optages og udnyttes derimod kun af de bladgrøntførende Organer og blandt disse da i Særdeleshed af Bladene, idet den kun kan bearbejdes under Lysets Medvirkning, hvor der findes Bladgrønt (se S. 64 og 157). Dette Farvestof findes, knyttet til særlige Bladgrøntlegemer, fortrinsvis i Blade og unge, grønne Skud i de umiddelbart under Overhuden (men ikke i denne) liggende Cellevæv. Til disse trænger da Kulsyren i Almindelighed ikke gennem selve Overhudscellerne, men for aller Størstedelen fra Intercellulærrummene og udefra ind i disse gennem Spalteaabningerne (se Fig. 45), der netop gerne aabner sig, naar Lyset skinner paa Planterne. Og da Kulsyren i Forbindelse med Vand i de bladgrøntførende Celler straks bearbejdes til organiske Stoffer (Sukker, Stivelse eller fed Olje), forsvinder den som saadan og vil da stadig ved simpel Diffusion strømme ind i Cellerne, og des hurtigere, i jo større Mængder den findes i Omgivelserne.

Da det er af Kulsyre og Vand, at de grønne Planter danner Hovedmassen af deres faste Bestanddele, deres organiske Tørstof, og det igen er heraf, at alle andre levende Væsener (ikke grønne Planter og Dyrene) lever, er Kulsyreoptagelsen og -bearbejdelsen, den saakaldte **Kulsyreassimilation**, vel nok den besydningsfuldeste Livsvirksomhed, der overhovedet kendes, og det er da naturligt, at Planternes Organisation i højeste Grad er præget af, hvad der tjener til at fremme denne. Det gælder saaledes om flittigt at kunne øse af den forholdsvis ringe Beholdning af Kulsyre, som findes i Atmosfæren (se S. 85) eller opløst i Vandet (se S. 200), og da det kun er de grønne Organer, der kan udnytte den, udfolder Planterne ofte et overdaadig rigt udviklet Bladapparat, hvis samlede Overflade er meget stor (i Lighed med Rodhaarenes). Og for yderligere at lette Kulsyren Adgangen til de indre Cellevæv i Bladene, Bladkødet (se Fig. 45), er de Spalteaabninger, der findes i Overhuden, ofte tilstede i saa stort Antal, at de (ligesom Rodhaarene) kan udgøre flere Hundrede pr. Kvadratmillimeter. I Kraft af deres Form og indbyrdes Afstand repræsenterer de dertil ofte et Princip, der har Gyldighed ogsaa for andre, kunstigt gennemborede, Hinder, nemlig dette, at Diffusionen af Kulsyre gennem dem

kan foregaa med samme Hastighed, som om der slet ingen adskillende Hinde var. Kun naar de lukkes, f. Eks. paa Grund af Vandmangel i Bladene, vil Kulsyreoptagelsen være væsentlig hæmmet og indskrænket til at foregaa ved den meget langsommere Diffusion gennem Overhudscellernes ofte fortykkede og forkorkede Vægge.

Hvor hurtigt og begærligt Kulsyren optages og bearbejdes af grønne Plantedele i Lys og under ellers gunstige Livskaar, kan let paavises ved et Eksperiment. Lyset bevirker nemlig en Reduktion af Kulsyren, saa der frigøres et lige saa stort

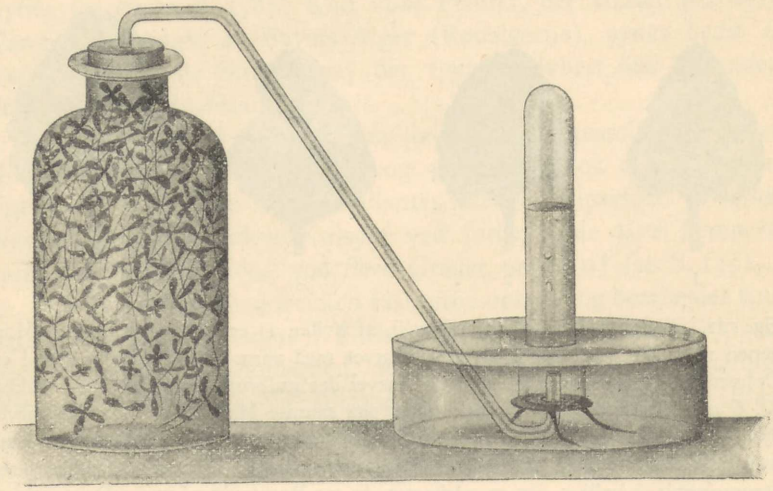


Fig. 121. Smaafrugtet Vandstjerne *(Callitriche verna)*, nedsænket i en Flaske med kulsyreholdigt Vand og stillet i Lys, afgiver under Kulsyreassimilation fri Ilt, der som smaa Bobler stiger op i det med Vand fyldte omvendte Reagensglas.

Rumfang Ilt, som der optages Kulsyre. Og bringer man f. Eks. grønne Blade ned i kulsyreholdigt Vand i Lys, vil Ilten, der kun i meget ringe Grad absorberes af Vandet, stige op igennem dette som smaa Luftblærer, i samme Forhold som Kulsyren optages og bearbejdes. Opsamler man Luftblærerne i et Apparat som det, der er afbildet i Fig 121, vil man let ved at se en glødende Spaan, der bringes i Berøring dermed, bryde ud i lys Lue, kunne overbevise sig om, at man har næsten ren Ilt for sig. Et nøjagtigt Maal for Kulsyreoptagelsens Livlighed kan man naturligvis faa ved at anstille Analyser af en kulsyrerig Luft

fra en Glasbeholder, hvori man har anbragt en grøn Plante i Lys, og af hvilke det da ogsaa vil fremgaa, at Iltmængden tiltager, i næsten samme Forhold som Kulsyremængden aftager. Ved en indirekte Metode kan Kulsyreoptagelsen ogsaa let paavises, idet der nemlig som oftest optræder Stivelse i Bladene umiddelbart efter Kulsyreoptagelsen, naar de er udsatte for Lysets Paavirkning. Afplukker man Blade af en Plante, der nogen Tid har staaet i Mørke, f. Eks. tidligt om Morgenen, naar Bladene har udtømt den den foregaaende Dag dannede Stivelse til Stænglerne, og bedækker man en Del af dem med Stanniolpapir o. l., der ikke tillader Lys-

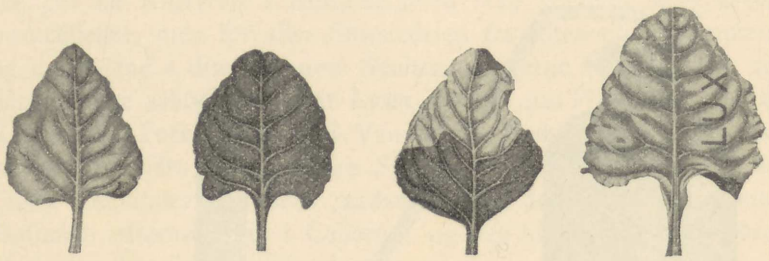


Fig. 122. Blade af Bede *(Beta vulgaris)*, af hvilke 1) er plukket Kl. 5 om Morgenen midt om Sommeren, derefter affarvet med varm Alkohol og dyppet i en Opløsning af Jod-Jodkalium, som har farvet det gulbrunt, medens 2) er plukket Kl. 6 om Eftermiddagen og behandlet paa samme Maade, hvorved det farves dybt mørkeblaat paa Grund af dets Stivelseindhold; 3) er et hvidbroget Blad, hvis ene Halvdel ikke indeholder Bladgrønt, og 4) har været bedækket med Stanniolpapir, i hvilket der er udskaaret de tre Bogstaver »Lux«. De to sidste Blade, der er plukkede Kl. 6 om Eftermiddagen og behandlede paa samme Maade som de foregaaende, viser da kun Stivelsereaktion, hvor der har været Bladgrønt (3) eller hvor Lyset har kunnet naa ind til Bladet (4).

straaler at gaa igennem, medens andre Dele bliver udsatte for Lysets Paavirkning i en kulsyreholdig Luft, kan man ved en Farvereaktion med Jod, som farver Stivelse mørkeblaa, konstatere dette Stofs Optræden, hvor Lyset har ramt Bladene, medens det helt vil mangle paa de tildækkede Steder, eller hvor der ikke findes Bladgrønt. For at faa denne Reaktion til at indtræde med størst mulig Skarphed, er det hensigtsmæssigt først at udtrække Bladgrøntet ved Hjælp af kogende Alkohol (Fig. 122).

Medens vi igen i et senere Afsnit (S. 441—44) vil komme tilbage til Kulsyrens Oparbejdelse til organisk Stof, dens egentlige

Assimilation, maa vi allerede her nævne de Faktorer, der er af størst Betydning herfor, da selve Kulsyrens Optagelse staar i saa nøje Afhængighed til dens Anvendelse.

Det er da først og fremmest Lyset, der er en Betingelse for Kulsyrens Værdi som Næringsstof, idet det saavel er nødvendigt for Dannelsen af Bladgrønt (se S. 157), som der gennem dette leveres den grønne Plante den Energi, der er nødvendig til Kulsyrens Reduktion og videre Omdannelse. Men de enkelte Plantearter stiller meget forskellige Krav til Lysstyrken, eftersom de er Sol- eller Skyggeplanter (se S. 157—58), og af Lysets forskellige Straalearter er det igen fortrinsvis de røde og gule, der her udnyttes (se ogsaa S. 158). Kun visse Planter, der vokser paa dybt Vand, som nogle af Havets Alger (Rødalgerne), synes bedst at kunne udnytte de Straalearter, der trænger dybest ned i Vandet, de grønne og de blaa.

I Almindelighed foregaar den livligste Kulsyreassimilation ved Temperaturer mellem c. 20 og 35° og vistnok aldrig synderligt over 40°. Men en Del Planter, der er tilpassede til kolde Klimater, kan assimilere Kulsyre ved forbavsende lave Temperaturer, undertiden endog ved flere Grader under 0° (se S. 135).

Den Hastighed, med hvilken Planterne optager og bearbejder Kulsyren, staar saa endvidere i Forhold til en Række andre Faktorer som Planternes Vandholdighed, deres Adgang til andre nødvendige Næringsstoffer, deres Væksthastighed og Kvaliteten af det Bladgrønt, de fører. Hvad dette sidste angaar, har det nemlig vist sig, at der forekommer forskellige Modifikationer af Bladgrønt i forskellige Planter, ja endog undertiden samtidig i samme Planteart. Men intet andet Farvestof synes at kunne erstatte det egentlige Bladgrønt, og hvor Planter optræder med andre Farver end den grønne (Planter med røde Blade, Rød- og Brunalger), skjuler der sig altid Bladgrønt i disse, for saa vidt Planterne i det hele taget kan assimilere Kulsyre. En Del røde Svovlbakterier, Purpurbakterierne, der ikke fører Bladgrønt, har vist sig heller ikke at kunne assimilere Kulsyre, saaledes som man tidligere havde ment, de kunde.

Imidlertid kender man nogle faa andre, men meget lavt staaende Planter, f. Eks. Salpeterbakterierne og andre Bakterier, der kan assimilere Kulsyre uden Bladgrønt og uden Lysets Hjælp, idet de hertil benytter Energi, der frigøres ved forskellige kemiske Processer, som Iltning af Ammoniak til Salpetersyr-

ling og denne videre til Salpetersyre. Og disse Organismer kan da ogsaa helt ernære sig af uorganiske Næringsstoffer. Muligvis kan en Del Svovlbakterier, der skaffer sig Energi fra Iltning af Svovlbrinte til Svovl og dette videre til Svovlsyre, ogsaa dette, og andre som Brint- og Methanbakterierne (se Noten S. 95), der udnytter Energien fra Iltningen af de Stoffer, efter hvilke de har Navn, kan rimeligvis anvende andre uorganiske Kulstofforbindelser (som Brint, Methan og Kulilte). Men nogen større Betydning for Dannelsen af organisk Stof i Naturen spiller disse Organismer dog ikke, hvor interessant deres Livsførelse end er i teoretisk Henseende, og hvor stor en Betydning de end ellers maatte have i Naturens Stofhusholdning. —

Medens saaledes de autotrofe grønne Planter helt kan nøjes med uorganiske Næringsstoffer, der i Almindelighed ikke kan levere dem nogen som helst anvendelig Energi, er de dog ikke ude af Stand til ogsaa at optage og anvende organisk Næring og den deri bundne Energi. Ja, paa et vist Stadium af deres Liv, mens de befinder sig i Fostertilstand i Frøet eller under dettes Spiring, ernærer de sig endogsaa udelukkende af de organiske Kulstofforbindelser, som Moderplanten forsyner dem med. Og senere kan de højere Planter ogsaa meget vel baade gennem Rødder og Blade optage og udnytte organiske Stoffer som Sukker, Glycerin, andre Alkoholer o. l.

Og indenfor den grønne Plante, der udefra kun optager uorganisk Næring, er det endogsaa kun de bladgrøntførende Celler, der kan nøjes med denne. Alle andre Celler kræver og faar fra de første stadig tilført organiske Næringsstoffer, der underkastes en lignende Bearbejdelse (Fordøjelse) og Omdannelse som den, de undergaar i de heterotrofe Organismer, hvis Ernæring vi nu skal gaa over til at omtale.

Det, der giver de autotrofe Organismer deres Særstilling blandt de øvrige levende Væsener, er saaledes kun deres Evne til at udnytte visse Energiformer — Lys og fri kemisk Energi — til selv at producere det organiske Stof, der ellers er Energikilden til al anden Livsvirksomhed. Men denne Evne er jo rigtignok saa ogsaa til Gengæld saa betydningsfuld, at alle levende Væseners Eksistens afhænger af den.

Heterotrof Ernæring. Fordøjelse og Resorption.

For de heterotrofe Organismer — de ikke grønne Planter og alle Dyr — er en Tilførsel af organisk Stof udefra derimod en Nødvendighed, og de er derfor i Naturen absolut afhængige af de autotrofe Organismer.

De Planter, der lever heterotroft, er da enten Snyltere (Parasiter) i andre Planter og Dyr, eller de lever af henraadnende, livløse organiske Stoffer, der efterlades af disse, som saakaldte Raadplanter eller Saprofyter. I første Tilfælde (som Snylterne) trænger de undertiden ind i selve de levende Celler af deres Værtorganisme, og derfra kan de, som de tilsvarende Snyltedyr, da direkte optage færdigtdannede, fordøjede Næringsstoffer. Men ofte besørger de selv Fordøjelsen af det Materiale, de anvender som Næringsmidler, ved at udskille Fordøjelsesenzymer af forskellig Art (se S. 412—16), og dette bliver i det væsentlige de samme, som nedenfor skal omtales under Behandlinged af Dyrenes Fordøjelse. Og naar de da tillige ofte anvender samme Næringsmidler som Dyrene, bliver de farlige Konkurrenter til disse.

Mennesket maa saaledes anvende stor Omhu for at beskytte sine Næringsmidler mod navnlig Svampes og Bakteriers Angreb, og skal det opbevare, konservere, dem, maa det enten helt udelukke disse Mikrober fra dem (ved Henkogning, hermetisk Tillukning o. l.), eller det maa bringe dem i en saadan Tilstand — indtørrede, saltede, røgede o. s. v. — at de i denne ikke kan tjene til Føde for de smaa nærgaaende Konkurrenter. Naar Fødevarer bliver fordærvede, vil det i Regelen sige, at de er blevne hjemsøgte af Svampe og Bakterier, der foruden selv at leve paa Bekostning af dem, omdanner dem ved Gæringsprocesser til saadanne Stoffer, der ikke længere har Næringsværdi, eller blandt hvilke der kan findes ildesmagende og -lugtende Stoffer, der forhindrer Nydelsen af dem, undertiden endog saadanne Gifte, der gør dem farlige for Sundheden. Imidlertid er det dog ofte saaledes, at hvad der er fordærvet for een heterotrof Organisme, endnu kan have Næringsværdi og være ufarligt for andre, og derfor indfinder der sig ofte i Naturen ved det samme Bord efter hinanden forskellige Gæster, der gør sig tilgode med, hvad Forgængeren har efterladt. Derigennem udnyttes de organiske Stoffer paa den mest fuldkomne Maade, og de bliver i Regelen ikke helt unyttige for heterotrofe Organismer, før de er omdannede til rent uorganiske

Forbindelser som Kulsyre, Vand, Ammoniak o. l. Hvad der f. Eks. udstødes som Ekskrementer af Dyrenes Fordøjelseskanal eller udskilles som Urin, kan jo som bekendt endnu være en fortrinlig Næring for mange lavere Dyr eller for Svampe, Bakterier m. fl. Men der er blandt disse dog altid nogle, der foretrækker det bedste, og som derfor ogsaa med Begærlighed hjemsøger de højere Dyrs og Menneskets værdifuldeste Næringsmidler.

I det store og hele er saaledes alle heterotrofe Organismers Ernæringsmaade ens, og vi kan derfor bedst belyse den ved at fremdrage som Eksempel Pattedyrenes og specielt Menneskets Ernæring.

De menneskelige Næringsmidler er saa vel kendte (og ogsaa tidligere omtalte i denne Bog, S. 96—98), at vi her kan indskrænke os til ganske summarisk at forfølge deres Omdannelse til de egentlige Næringsstoffer, før og efter at de er indtagne i Fordøjelseskanalen. Fødens kunstige Tilberedning er imidlertid ogsaa at betragte som en Fordøjelse eller de forberedende Skridt til denne, og det almindelige Udtryk, at »Fordøjelsen begynder i Køkkenet«, har derfor fuld Berettigelse.

Ved Fødens Findeling, Kogning, Stegning, Bagning, Syltning o. s. v. tilstræbes det at bringe den i lettere fordøjelig Tilstand, hvad enten dette sker derved, at man lader Fordøjelsesenzymer, der allerede findes i selve Fødemidlerne, faa Lejlighed til at virke, eller man bringer de forskellige Stoffer i en saadan Tilstand, at de lettere paavirkes af de Enzymer, der udskilles af Fordøjelseskanalen, eller man endelig fremkalder Dannelsen af eller tilsætter saadanne smags- og appetitgivende Stoffer, som faar Fordøjelseskanalen til at udsondre rigeligere af Enzymer, end den ellers vilde, ved f. Eks. at »faa Tænderne til at løbe i Vand« efter Føden o. l.

I Mundhulen underkastes saa Føden dels en mekanisk Bearbejdning, en Findeling, ved Tyggeredskaberne, dels en kemisk Paavirkning ved Indblanding af Spyttet, der udsondres af særlige Kirtler og indeholder et vigtigt Enzym, Ptyalinet, som er i Stand til at omdanne Stivelse til Sukker, og som derfor virker paa de fleste Fødemidler fra Planteriget som Brød, Melspiser, Grød o. l. Denne Omdannelse foregaar nemlig saa hurtigt, at man ved at holde stivelseholdig Føde i Munden i nogle faa Minuter kan erkende Omdannelsen ved en Smagsforandring. Og idet man med Føden synker Spyttet, kan Omdannelsen fortsættes endnu i nogen Tid i Mavesækken, hvor Ptyalinet dog snart hæm-

mes i sin Virksomhed af den sure Mavesaft. At Spytsekretionen er særlig livlig under Tygningen, er naturligvis af den største Betydning, og psykiske Momenter spiller med ind her, eftersom Føden smager en eller ej. Rovdyr, der kun ernærer sig af dyrisk Føde, udsondrer slet intet Ptyalin, og det samme skal være Tilfældet med diende Børn, saa længe de udelukkende lever af Mælk. Planteædere, der ernærer sig af tørt Foder (Halm, Hø o. l.), udskiller derimod overordentlig store Mængder af Spyt; medens Mennesket normalt kun producerer 0,6—0,8 Liter, skal Heste kunne udskille indtil 40 Liter, Hornkvæg endogsaa indtil 100 Liter daglig; men disse Væskemængder opsuges da for Størstedelen igen i Legemet fra den øvrige Del af Fordøjelseskanalen.

De til en mer eller mindre flydende Grød, Vælling eller (hos visse Dyr) til Boller bearbejdede Fødemidler føres dernæst ved en vilkaarlig Synkningsakt gennem Svælget ned i Spiserøret, hvor de ved en fremadskridende Muskelsammentrækning (en peristaltisk Bevægelse) af dette hurtigt befordres ned i Mavesækken.

Maven, der hos Mennesket er enkelt (derimod hos visse Dyr, som Drøvtyggerne, delt i flere Afdelinger), udgør en forholdsvis stor Beholder, der kan rumme al den ved et Maaltid indtagne Føde, som den da først i Løbet af nogle Timer afleverer i helt eller delvis fordøjet Tilstand, dels direkte til Legemets Væv, dels til den øvrige Del af Fordøjelseskanalen.

Under Indtagelsen af et Maaltid — eller endogsaa før (fordi en psykisk, nervøs Paavirkning af Mavevæggens Kirtler gør sig gældende) — og saalænge der findes Næringsmidler i Mavesækken, udsondrer denne store Masser af en Fordøjelsesvæske, som man kalder Mavesaften. Denne indeholder to æggehvidefordøjende Enzymer, nemlig Løbe og Pepsin, samt forholdsvis store Mængder (hos Mennesket indtil 0,35 %) af fri Saltsyre. Forekomsten af denne sidste er meget mærkelig; ti det er det eneste Sted, hvor der i Organismen optræder en Mineralsyre i fri Tilstand, og man er endnu ikke rigtig klar over, hvorledes den dannes her. I Almindelighed virker en saa stærk Syre dræbende paa Organismer og Celler, men Mavevæggens levende Celler synes ikke at skades af den, maaske fordi de er beskyttede af en samtidig udskilt alkalisk reagerende Slim, der lægger sig i et Lag hen over dem. Derimod dræbes en stor Mængde Mikroorganismer, bl. a. de fleste Bakterier, af Mavesaftens Saltsyre, og derved

faar den stor Betydning som en forraadnelseshæmmende Faktor. Meget vigtigt er det dog ogsaa, at den — som andre frie Syrer — understøtter Pepsinet i dets Indvirkning paa Æggehvidestofferne, der af dette Enzym omdannes gennem Albumoser til Peptoner, af hvilke de sidste dog næppe direkte kan optages som Næringsstoffer i Legemet. Og Pepsinet virker overhovedet ikke undtagen ved Nærværelsen af Syrer (frie Brintioner). Løbeenzymet har den specifike Virkning, at det udfælder Ostestoffet, Kaseinet, af Mælk i fast, koaguleret Form, og det findes derfor i størst Mængde hos ganske unge Dyr og Mennesker, saalænge disse for en væsentlig Del ernæres ved Mælk. Koaguleringen af Ostestoffet er dog i Virkeligheden en Hydrolyse ɔ: en begyndende Fordøjelse, der befordrer dets videre Omdannelse ved Pepsinet.

Under Fødens Ophold i Maven bliver den ogsaa mekanisk bearbejdet og sammenblandet ved dennes stadige Sammentrækninger, og efter at den dels ved Mavesaftens fordøjende Indvirkning, dels ved Udskillelsen af de store Væskemængder er bleven bragt i en tyndtflydende Tilstand, befordres den efterhaanden gennem Maveporten, Pylorus, ned i Tyndtarmen.

I dennes første Afdeling, Tolvfingertarmen eller Duodenum, kommer Føden straks i Berøring med nye Fordøjelsesvæsker, nemlig den fra Leveren stammende Galde og Bugspyttet eller Pankreassaften, som udskilles af Bugspytkirtelen, da disse to Kirtler netop har deres fælles Udførselsaabning i denne Del af Tarmkanalen. Her findes desuden nogle smaa, saakaldte Brunner'ske Kirtler, der i Forbindelse med de utallige mikroskopiske Lieberkühn'ske Kirtler, som ogsaa findes i Væggene af hele den øvrige Del af Tarmkanalen, udskiller et tredje Sekret, Tarmsaften, der igen paa sin Vis deltager i Fordøjelsesakten.

Det sædvanlig i en Galdeblære opsamlede Leversekret, Galden, udtømmes i Tolvfingertarmen gennem en ventilagtig Aabning, Galdegangen, der ikke tillader Tarmindholdet at trænge ind gennem dens Munding. Galden indeholder betydelige Mængder, fra 10 til 16 %, faste Stoffer, som hovedsageligt udgøres af galdesure Salte og Farvestoffer, men hvoriblandt der ogsaa findes flere andre Stoffer. Dens Betydning for Fordøjelsen er endnu ikke fuldt opklaret og kan kun for en meget ringe Del bestaa i Enzymvirkninger. Men det synes, som om den har særlig Betydning for Fordøjelsen af Fedtstofferne, der efter dens Indblanding lettere emulgeres og spaltes under Indvirkning af det fra Bug-

spytkirtlen udskilte fedtspaltende Enzym, Lipase eller Steapsin.

Foruden Steapsinet udsondrer Bugspytkirtlen (Pankreas) med den alkalisk reagerende Pankreassaft i det mindste to andre vigtige Enzymer, nemlig Pankreasdiastasen, der som Ptyalinet i Mundspyttet omdanner Stivelse til Sukker, og Trypsinet, der virker dybt sønderdelende paa Æggehvidestofferne og i Modsætning til Pepsin kan gøre dette uden Medvirkning af fri Syre eller endog ved svagt alkalisk Reaktion. Æggehvidestofspaltningen gaar herunder saa vidt som til Dannelsen af simpelt byggede Amidstoffer og Ammoniak, af hvilke nogle maaske er uden Næringsværdi, medens andre utvivlsomt har en saadan (se Noten S. 98). I denne Æggehvidespaltning deltager foruden Trypsinet tillige et af Tyndtarmens Vægge udsondret Enzym, der kaldes Erepsin, som imidlertid ikke kan angribe de egenlige Æggehvidestoffer, men først de af disse dannede Peptoner. Af Tyndtarmen udskilles endvidere et saakaldet inverterende Enzym, der omdanner Rørsukker til Druesukker, samt Alkali, som sammen med Pankreassaften bidrager til at neutralisere Mavesyren. Og ved alle disse Fordøjelsesstoffers samlede Indvirkning undergaar Fødemidlerne en Række gennemgribende kemiske Omdannelser (Hydrolyser), hvorved de først bliver egnede til Optagelse i Legemet.

Imidlertid er det ikke alene de af selve Organismen udsondrede Fordøjelsesvæsker, der besørger Fødens kemiske Omdannelse, men heri deltager ogsaa en Hærskare af Bakterier, som normalt lever i Fordøjelseskanalen og særlig i Tarmen. I Mavesækken kan paa Grund af den tilstedeværende frie Saltsyre kun ganske enkelte Former, som Mælkesyrebakterier, trives, men saa snart Reaktionen (som i Tarmen) bliver neutral eller svagt alkalisk, finder de almindelige Forraadnelsesbakterier o. a. overordentlig gunstige Livskaar. Sikkert nok gør disse Bakterier da en stor Del af Føden uanvendelig som Næringsstof ved at fremkalde mere dybtgaaende Spaltninger, Gæringer, i den end Fordøjelsesenzymerne, og de danner bl. a. herunder ogsaa en Del ildelugtende og giftige Stoffer, som ved at opsuges sammen med Næringsstofferne kan fremkalde alvorlige Forgiftninger, de saakaldte Autointoksikationer. Det er saadanne, man i de senere Aar efter Metchnikoffs Anvisning har søgt at modvirke ved Nydelsen af sur Mælk (Tykmælk, Kærnemælk, Yoghurt o. l.), fordi de heri levende

Mælkesyrebakterier til en vis Grad kan hæmme Forraadnelsesbakteriernes Virksomhed; og alle andre Midler, der modvirker, at Ekskrementerne opholder sig for længe i Tyktarmen (under Forstoppelse), vil have de samme gavnlige Følger. Men undertiden synes det rigtignok, som om Tarmbakterierne ogsaa gør Gavn og understøtter den normale Fordøjelse; bl. a. skal Drøvtyggerne og andre planteædende Pattedyr først ved deres Medvirkning blive i Stand til at fordøje Stoffer som Cellulose, og hvad der indesluttes af ubeskadigede Cellulosecellevægge. Det er endogsaa paastaaet, at Dyrene i Almindelighed slet ikke kan undvære saadanne Bakteriers Medhjælp ved Fordøjelsen, idet f. Eks. Kyllinger, Marsvin o. a. nyfødte Dyr, hvis Fordøjelseskanal til at begynde med er steril, efter kort Tids Forløb gaar til Grunde, hvis de udelukkende fodres med sterile Næringsstoffer, og man lader dem leve under Forhold, hvor en Infektion af Fordøjelseskanalen forhindres.

I Tyktarmen sker der næppe anden Slags Fordøjelse end den, der iværksættes ved Bakteriers Indvirkning.

Ogsaa i Tarmen, og navnlig i Tyndtarmen, undergaar Føden en mekanisk Bearbejdning ved de rhytmiske Sammentrækninger og peristaltiske Bevægelser, som dette Organ udfører. Men disse har dog hovedsagelig Betydning for Næringsstoffernes og de uanvendelige Resters, Ekskrementernes[1]), fremadskridende Befordring og de sidstes sluttelige Udtømning af Organismen. —

Optagelsen eller Resorptionen af Næringsstofferne begynder allerede i Maven, hvor en Del letopløselige Forbindelser som Druesukker, Alkohol o. l. opsuges i Blod- og Lymfekar. Men Størstedelen af Næringsoptagelsen finder dog Sted i Tyndtarmen, der til dette Formaal er udstyret paa lignende Maade som det Parti af Planternes Rødder, der er besatte med Rodhaar, og som besørger Optagelsen af Vand og Næringssalte fra Jordbunden. Tyndtarmens Vægge er nemlig foruden med Tværfolder paa deres indvendige Side forsynede med talrige tætstillede fine Frynser, de saakaldte Tarmtrevler eller Tarmtotter (Fig. 123), hvis samlede Antal udgør ikke mindre end c. 4 Millioner i den menneskelige Tarm. Dette forøger altsaa den næringsoptagende Overflade i uhyre Grad. Og ud i hver Tarmtrevl gaar der nu to i mange

[1]) Ekskrementerne bestaar for en væsentlig Del dog ogsaa af Sekreter, der udskilles fra Fordøjelseskanalens Kirtelvæv, og afstødte Epithelceller.

mindre Grene endende større Blodkar og et stort tyndvægget Lymfekar, der hver især er parate til at modtage den gennem Epithelcellerne gennemstrømmende Næring, som da straks føres bort og altsaa ikke ved Ophobning standser ny Tilførsel (Fig. 124). Det

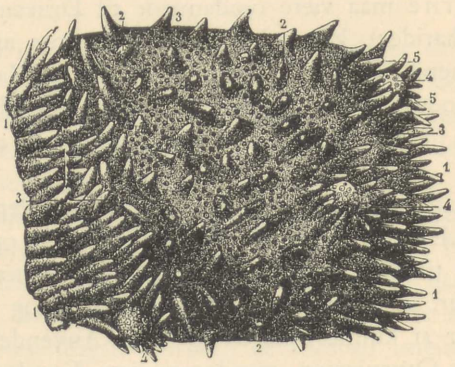


Fig. 123. Et Stykke af Tyndtarmens Væg med Tarmtrevler, c. 15 Gange forstørret.

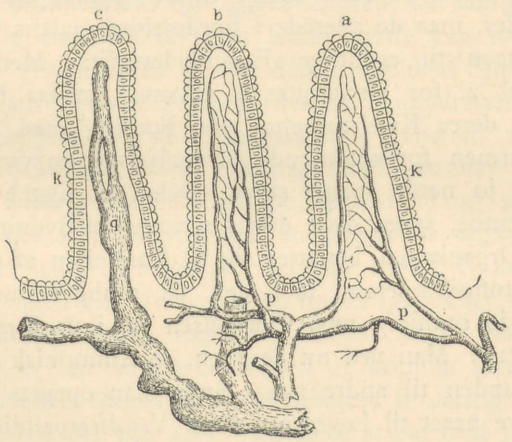


Fig. 124. Skematisk Fremstilling af Tarmtrevlernes Bygning med Epithel *(k)*, Blodkar *(p)* og Lymfekar *(q)*, c. 80 Gange forstørret.

siger sig selv, at ogsaa Tarmens Længde faar Betydning for dens opsugende Evne. Og Planteæderne, der ernærer sig af forholdsvis tungere fordøjelig Føde, har da ogsaa en meget længere Tyndtarm end Kødæderne. Ogsaa gennem Tyktarmens Vægge opsuges en Del Stoffer, men dog vist hovedsagelig Vand og de opløselige

Gæringsprodukter, der dannes af Forraadnelsesbakterier, og som for det meste er enten unyttige eller skadelige.

I hvilken Form Næringsstofferne optages, er man for nogles Vedkommende endnu langtfra helt klar over. At Vand, forskellige Salte, Alkohol o. l. Stoffer optages som saadanne, og at Kulhydraterne maa være omdannede til Druesukker (eller andre Monosaccharider), kan vel nok betragtes som afgjort, da disse Stoffer — omend i Regelen kun i meget ringe Mængder — kan paavises i Blodet. Men hvorledes Æggehvidestofferne og Fedtstofferne maa omdannes, før de kan optages, er endnu omtvistet.

Medens man tidligere almindeligt antog, at Peptoner var den Form, hvori Æggehvidestoffer hovedsageligt optoges, hælder man nu mere til den Anskuelse, at de maa spaltes længere ned, til Heksonbaser, Aminosyrer, Amider eller endog for en Del til Ammoniak for at kunne optages og finde Anvendelse til Dannelsen af de for Organismen ejendommelige Æggehvidestoffer. Ti Peptoner kan aldrig paavises i Blod eller Lymfe, og indsprøjtes de i disse, virker de som farlige Gifte. Tjener de derfor som Næringsstoffer, maa de allerede i Fordøjelseskanalens Epithelceller omdannes igen til egentlige Æggehvidestoffer. Men da det er lykkedes (bl. a. for Henriques & Hansen) at faa Rotter til at dække hele deres Kvælstofbehov ved Fodring med Aminosyrer, og de i Tarmen forekommende proteolytiske Enzymer (Trypsin og Erepsin) jo netop spalter største Delen af Æggehvidestofferne ned til saadanne, synes disse delvis at være det Bygningsmateriale, af hvilket Organismen benytter sig til Dannelsen af dens særlige Æggehvidestofforbindelser, idet den da muligvis udfører dette sidste Arbejde samtidig med Optagelsen og i de Organer, hvori denne foregaar. Man ved nu desuden, at Ammoniak som Karbonat eller bunden til andre svage Syrer kan optages i Blodet og efter at have naaet til Leveren ved en Vandfraspaltning kan omdannes til Urinstof.

Angaaende Fedtstofresorptionen er man som tidligere nævnt endnu ikke helt klar over, hvorvidt den hovedsagelig foregaar derved, at ganske smaa emulgerede Fedtkugler optages som saadanne gennem smalle Spalter (Sømme) i Tarmepithelcellernes Ydervægge, eller om Fedtstofferne optages som Glycerin og de i Galden opløste frie Fedtsyrer, hvortil de fedtspaltende Enzymer (Lipaserne) omdanner dem. Muligvis finder begge Dele Sted. Og i hvert

Fald synes der af Glycerin og frie Fedtsyrer eller deres Salte (Sæber) at kunne gendannes Fedtstoffer i Tarmenes Epithelceller. Størstedelen af Fedtet gaar herfra over i Lymfekarrene, hvis Indhold under Fordøjelsen heraf er en meget fedtholdig, mælkeagtig Væske, der kaldes Chylus, og som senere langsomt afgives til Blodkarrene.

I høj Grad interessant og betydningsfuldt er det, at Næringsstofferne ikke optages passivt eller i Forhold til deres Opløselighed og Diffusionsevne, men at de levende Tarmepithelceller er i Stand til at vælge og vrage, og at optage netop de Forbindelser, som Organismen har mest Brug for. (Se ogsaa S. 411.) —

Som Fordøjelsen og Næringsoptagelsen foregaar hos Mennesket (og Pattedyrene i Almindelighed), vil den i Hovedtrækkene kunne genfindes hos alle andre Dyr og hos de heterotrofe Planter (jfr. ogsaa, hvad der er fortalt om kødædende Planter S. 309—12). Den væsentligste Forskel, der bestaar imellem de forskellige heterotrofe Organismers Ernæring, maa da søges i Valget af Næringsmidlerne, der dog altid maa være saaledes beskafne, at de ved en Fordøjelsesakt kan afgive omtrent de samme Næringsstoffer. Og hvorvidt et givet Raamateriale kan udnyttes som Fødemiddel, afhænger da dels af dets Indhold af Stoffer hørende til Æggehvidestoffernes, Fedstoffernes og Kulhydraternes eller beslægtede Grupper, dels af Organismernes Evne til ved særegne Enzymer at bearbejde det til egentlige Næringsstoffer. Dog findes der en Del lavere Planter (Svampe, Bakterier) og sandsynligvis ogsaa Dyr, der kan udnytte som energigivende organisk Næring saa simple Molekuler (Salte af organiske Syrer, Cyanforbindelser o. l.), at de ingen Værdi har for de højere Dyr, eller i hvert Fald ikke kan dække nogen væsentlig Del af disses Næringsbehov. Men herpaa er der ingen Grund til at komme nærmere ind i denne almindelige Oversigt over heterotrof Ernæring. —

Derimod bør der paa dette Sted føjes et Par Ord til om nogle heterotrofe Organismers ejendommelige Forhold til deres Kvælstofnæring. Medens de autotrofe Organismer i Regelen (men forøvrigt ikke altid) kan dække deres Kvælstofbehov ved Hjælp af rent uorganiske Forbindelser som Salpetersyre og Ammoniak, fordrer de heterotrofe Organismer som oftest ogsaa deres Kvælstof i organisk Form, som Æggehvidestof eller deraf afledede Stoffer. Men der er rigtignok ikke faa, f. Eks. blandt Svampe og Bakterier (selv udprægede Snyltere som Kolera- og Tuberkelbak-

terier), der kan dække deres Kvælstofbehov ved Ammoniaksalte og Nitrater, og muligvis er det samme Tilfældet med en Del i Vandet levende lavere Dyr. Det mærkeligste er dog, at det foreløbig kun er fra rent heterotrofe Organismer, vi kender Evnen til at binde Luftens frie Kvælstof og anvende det som Næringsstof, skønt det fordrer Anvendelsen af betydelige Mængder Energi at overføre det i kemiske Forbindelser. Denne Energi tager de paagældende Organismer — hvoriblandt Bælgplanternes Knoldbakterier, *Bacillus Azotobacter*, *Clostridium Pasteurianum*, og flere Mykorrhiza-dannende Svampe hører til de bedst kendte — fra de organiske Kulstofforbindelser, der udgør deres nødvendige Næringsstoffer. Men man kender derimod intet Eksempel paa, at Lysenergien, som de grønne Planter jo kan anvende til Dannelsen af kvælstoffrie organiske Stoffer, ogsaa direkte kan anvendes til Binding af frit Kvælstof.

Transporten af de optagne Næringsstoffer.

De Organer, der modtager og optager den udefra tilførte Næring, spiller en lignende Rolle for den samlede Organismes Næringsforsyning som Havnestæderne i et Land, hvis Indbyggere faar deres vigtigste Næringsstoffer importerede, spiller for den øvrige Del af Landet. Efter Omladning og delvis Bearbejdning af forskellige Raamaterialier skal Varerne fordeles og transporteres omkring til Forbrugsstederne ad de Veje og med de Befordringsmidler, der staar til Raadighed, og som er anlagte med dette Hovedformaal for Øje.

Jo større Afstandene er, og jo højere organiseret Stats- eller Cellesamfundet er, des større Fordringer maa der stilles til Transportmidlernes Udvikling, og det er da ogsaa hos de højere Planter og Dyr, de har naaet den største Fuldkommenhed[1]). Forøvrigt foregaar Stoftransport overalt i den levende Natur efter de samme Principer, da det altid drejer sig om den hurtigst mulige Befordring af Stoffer, der befinder sig i samme — luftformige eller opløste — Tilstand, saa vi kan nøjes med at fremdrage et Par Eksempler derpaa, idet vi her igen vælger en højere Blomsterplante og et højere Dyr (Mennesket).

---

[1]) Hos visse Snyltere, der lever inde i andre Dyrs Fordøjelseskanal, som f. Eks. Bændelorme, kan baade Fordøjelses- og Ledningsorganer helt mangle.

I Plantelegemet kan der udveksles Stof mellem alle levende Celler, og indenfor den enkelte Celle tjener Strømninger i Protoplasmaet til Stoffordelingen. Men til Transport over længere Strækninger er der udformet særlige, lange, rørformede Celler eller Systemer af Celler, Kar, der forener sig til et sammenhængende Net af Baner, de saakaldte Ledningsstrænge (se Fig. 49 og 54), der for Hovedledningernes Vedkommende er ret sammensatte, idet forskellige Slags Ledningsvæv, der besørger Transporten af hver sin Slags Stoffer og hver i en bestemt Retning, er samlede i dem. Da Blomsterplanternes Næringsoptagelse sker saavel gennem de under Jorden værende Rødder som gennem Bladene paa de overjordiske Skud, maa der ganske naturligt blive Tale om en Stoftransport i baade opadgaaende og nedadgaaende Retning. Det har da vist sig, at de Stoffer (Vand og Næringssalte), der optages gennem Rødderne, føres op igennem Ledningsstrængenes Kardele (se S. 65), medens de organiske Stoffer, som dannes i Bladene, føres nedad gennem Sirørene og de Celler, der slutter sig umiddelbart til disse. Paa Grund af den intensive Fordampning, der finder Sted fra Landplanternes store Bladoverflade, er Vandet det Stof, der transporteres i størst Mængde gennem Plantelegemet, og som bekendt kan det i de høje Træer føres op til Toppen af disses Kroner dybt nede fra Jorden. Hertil maa der da anvendes en anselig Kraft, men ved hvilke Midler Planten udfører dette Arbejde, ved vi forøvrigt endnu ikke fuld Besked om. — Naar Stoffer som Æggehvidestofferne, Fedtstofferne og de uopløste Kulhydrater skal transporteres fra en Celle til en anden, maa der gaa en (intracellulær) Fordøjelse forud af ganske samme Art som den, der er nødvendig for disse Stoffers Optagelse udefra. Og derfor er Fordøjelse og Stoftransport altid nøje knyttede til hinanden.

I den dyriske Organisme gælder de samme almindelige Love for Stoftransporten som i Plantelegemet, men da Stofomsætningen som oftest er livligere, er Befordringsmidlerne ogsaa i Regelen endnu mere fuldkomne her, idet vi hos de højere udviklede Dyr foruden et sindrigt bygget Blodkarsystem tillige finder et særligt Organ, Hjertet, der som en Kraftstation holder Stofkredsløbet i regelmæssig Gang. Med ganske bestemte Mellemrum trækker Hjertet sig sammen og pumper derved gennem Blodkarsystemet Blodvæsken omkring i Legemet og tilbage igen. Uden at komme nærmere ind paa Hjertets og Blodkarrenes Bygning og

Virkemaade skal her kun fremhæves, at gennem de fine Haarkar, der er vævede ind imellem alle Legemets levende Celler, forsynes disse saaledes bestandig med friskt Blod, der tilfører dem Næringsstoffer fra Fordøjelseskanalen, saalænge der foregaar en Næringsoptagelse fra denne, eller fra andre Steder i Legemet, og Ilt fra Lungerne, hvor denne under Aandedrættet optages af de røde Blodlegemer, ganske løst bunden til disses røde Farvestof, Hæmoglobinet, ligesom alle Affaldsprodukter, der skal udskilles af Organismen (Kulsyre, Urinstof o. l.), føres bort og hen til de bestemte Kirtler (Lunger og Nyre), der besørger Udskilningen af dem. Jo kraftigere et Organ arbejder (legemligt eller aandeligt), des mere Stof omsætter det, og i Overensstemmelse hermed er Blodtilstrømningen til det i saa Tilfælde ogsaa langt stærkere end under Hvile.

Da der i selve **Blodet** foregaar vigtige og selvstændige Livsfunktioner, maa vi føje nogle Ord til om dettes Sammensætning og Betydning for Organismen.

Dets røde Farve skylder Blodet sit Indhold af røde Blodlegemer (se Fig. 44, S. 61), der forekommer i uhyre stort Antal, hos Mennesket normalt f. Eks. af c. 250 Millioner i en almindelig Draabe eller c. 5000 Mill. i en Kubikcentimeter. Disses væsentligste Bestanddel er det før nævnte Hæmoglobin, et Farvestof, der i flere Henseender staar det i Planterne forekommende Bladgrønt nær, men som dog spiller en ganske anden Rolle, idet dets væsentligste Funktion er den at besørge Transporten af Ilt til og Kulsyre bort fra de levende Væv. Et for ringe Antal røde Blodlegemer eller en mangelfuld Udvikling af disses Hæmoglobin er Tegn paa sygelige Tilstande (f. Eks. Blegsot).

Foruden røde indeholder Blodet ogsaa hvide Blodlegemer eller Leukocyter, men i noget mindre Antal (hos Mennesket normalt c. 10 Millioner pr. Kubikcentimeter eller c. $^1/_2$ Million pr. Draabe), men disse spiller paa mange Maader en betydningsfuld og mærkelig Rolle. De er nøgne, amøbeagtige Celler med en stor Selvstændighed, idet de er selvbevægelige og i Stand til at vandre, f. Eks. gennem Blod- eller Lymfekarrenes Vægge ind i Vævene og omvendt, hvorfor de ogsaa ofte kaldes Vandreceller. Og da de endvidere kan optage i sig og æde andre Celler, bl. a. fremmede Snyltere som Bakterier, hvorfor de ogsaa bærer Navnet Ædeceller eller Fagocyter, optræder de som en

Slags Politivagt eller Forsvarshær, af hvis Kamp mod indtrængende Fjender mange smitsomme Sygdommes Forløb er afhængig. I denne Forbindelse maa der ogsaa erindres om, at man har tillagt dem Evnen til at danne de Antistoffer (se S. 265—69), der neutraliserer Bakteriegiftene eller virker lammende og dræbende paa selve Bakterierne, saaledes at et Menneskes eller Dyrs medfødte eller erhvervede Uimodtagelighed mod bestemte smitsomme Sygdomme skulde for en Del bero paa de hvide Blodlegemers Egenskaber i saa Henseende. Og dertil kommer, at de sandsynligvis ogsaa spiller en vigtig Rolle for Transporten af Næringsstoffer i Legemet, idet de optræder i særlig stort Antal i Tarmens Blod- og Lymfekar under Fordøjelsen.

Staar Blod hen nogen Tid, efter at det er flydt ud af Legemet, koagulerer det, idet Blodlegemerne og andre faste Bestanddele samler sig til en Kage, Blodkagen, der efterhaanden synker til Bunds under en gennemsigtig, gullig Væske, der kaldes Blodserumet. Blodets Sammenløbning beror paa Dannelsen af et Æggehvidestof, Fibrin, der koagulerer i elastiske Traade under Indvirkning af et særligt Enzym, saa snart dets Moderstof, Fibrinogenet, kommer udenfor Blodkarrene — under særlige Forhold, ved Dannelsen af saakaldte Blodpropper, ogsaa inde i disse —; og dette Net af Fibrintraade omslutter da de faste Blodlegemer til den omtalte Blodkage. Blodserum + Fibrinogenet udgør tilsammen Blodplasmaet, der for Størstedelen bestaar af Vand men desuden ogsaa indeholder andre Æggehvidestoffer og Omdannelsesprodukter af disse, samt Fedtstoffer, en ringe Mængde Druesukker, forskellige andre organiske Stoffer (bl. a. Gifte og Modgifte), Salte, hvoraf navnlig Kogsalt i forholdsvis store Mængder, og Luftarter. Ja, Blodet maa jo ganske naturligt kunne føre Grundmaterialet til alle de Stoffer, hvoraf hele Organismen bestaar, og det er saaledes en overordentlig sammensat Væske. Bestanddelene i Blodet veksler dog ikke ubetydeligt efter Dyrearten og indenfor samme Art efter Alder, Udviklingstrin, Køn, Ernæringsforhold, sygelige Tilstande o. s. v. Der er saaledes ret store Forskelligheder mellem Mænds og Kvinders Blod, som bedst belyses ved en tabellarisk Oversigt, der findes paa næste Side.

Af Blodets her omtalte Egenskaber og dets ustandselige Cirkulation i Legemet fremgaar tilstrækkelig tydeligt dets alt overvejende Betydning for dettes Husholdning og for alle Livsvirksomheder overhovedet. Eksempelvis skal kun nævnes, at hvis Blodforsynin-

Sammensætningen af Menneskeblod.

I 1000 Dele Blod	Middeltal	Mænd		Kvinder	
		Maksimum	Minimum	Maksimum	Minimum
Vand	781,6	800,0	760,0	813,0	773,0
Blodlegemer (Tørstof)	135,0	152,0	131,0	137,0	113,0
Æggehvidestoffer i Serum	70,0	73,0	62,0	75,5	65,0
Fibrin	2,2	3,5	1,5	2,5	1,8
Fedstoffer	1,7	3,3	1,0	2,8	1,0
Ekstrativstoffer og opløselige Salte	8,4	9,0	5,0	8,5	6,2
Uopløselige Salte	0,35	—	—	—	—
Jern	0,55	—	—	—	—

gen til Hjernen et Øjeblik bliver for svag, indtræder der straks Afmagt, Besvimelsestilfælde eller Bevidstløshed, og alle andre Funktioner, der dirigeres fra Centralnervesystemet, forstyrres eller standses. Derfor virker ogsaa skadelige Stoffer, Gifte, der indføres i Blodet, f. Eks. fra en ganske lokal Betændelse, hvor Bakterier danner deres farlige Toksiner, saa ofte og saa hurtigt paa Organer, der ligger langt fjernede fra Indførselsstedet for Giften, eller paa hele Legemets almindelige Befindende. Og dertil kommer, at de Stof- og Kraftomsætninger, der er Betingelsen for Livsvirksomhed overhovedet, for en stor Del antages at foregaa i selve Blodvæsken og de Celler, der findes i denne.

Ved Siden af Blodet er der imidlertid i den dyriske Organisme en anden Væske, **Lymfen**, med sit særlige Lymfekarsystem, der ogsaa spiller en vigtig Rolle ved Stoftransporten. Lymfekarrene danner et omtrent lige saa udbredt og forgrenet System af Transportveje som Blodkarrene, men Bevægelsen af deres Indhold dirigeres ikke fra et Apparat, der svarer til Hjertet, men derimod sandsynligvis fra Muskelvævets Sammentrækninger i Almindelighed. Derfor er Bevægelsen af Lymfestrømmen heller ikke saa hurtig og regelmæssig som Blodets, med hvilken den dog delvis falder sammen, idet Lymfen regelmæssigt udtømmes i store Blodaarer (i Brystgangen). Erstatning herfor faar saa Lymfekarrene, dels gennem hvad der opsuges i dem fra Fordøjelseskanalen (se S. 431—33), dels derved, at der fra de fine Blodhaarkar ud igennem

Væggene bestandig siver Væske, der lejrer sig om Cellerne, fylder Spalter og Hulrum imellem disse og da efterhaanden optages i Lymfekarrene. Rundt omkring i Lymfekarsystemet er der indskudt større eller mindre Lymfekirtler, som bl. a. ogsaa Milten staar nær, og hvori der sker en livlig Deling af hvide Blodlegemer. Paa disse er Lymfen derfor altid rig, og Blodets Forsyning med dem er maaske en af dens vigtigste Funktioner. At den spiller en vigtig Rolle under Resorptionen af Fedtstoffer fra Fordøjelseskanalen, blev tidligere omtalt (S. 433).

3. Stof- og Energiskifte. Assimilation og Dissimilation.

Fra det Øjeblik Næringsstofferne er optagne i Organismens Celler eller cirkulerende Væsker, til de bliver vedvarende Bestanddele af Legemet eller igen udskilles som et eller andet nyttigt Sekret eller unyttigt Ekskret (Affaldsstof), er det ikke altid let at forfølge dem. Ti mangfoldige er de Omdannelser, de i Mellemtiden kan være undergaaede, og til mange forskellige Formaal kan de have tjente i det vidunderlige Værksted for Arbejde af den mest brogede Art, som den levende Organisme repræsenterer. Ser vi blot paa Antallet af de kemiske Forbindelser, som Cellerne danner af et forholdsvis simpelt og ensartet Raamateriale (Næringsstofferne), saa er det saa stort, at de Haandbøger i den biologiske Kemi, der beskæftiger sig hermed, allerede har antaget Omfanget af mange tykke Bind, skønt vi sandsynligvis endnu kun kender en mindre Del af de Stoffer, der dannes i den levende Natur. Og de Stof- og Kraftomsætninger, der samtidig foregaar i en Celle, kan være saa forskelligartede og gribe i den Grad ind i hverandre, at det maa anses for ganske umuligt nogensinde at faa fuld Klarhed over deres indviklede Sammenspil, der for en stor Del unddrager sig Efterforskning ved vore fineste Undersøgelsesmetoder.

Vi maa derfor i Regelen nøjes med at konstatere Enderesultaterne eller nogle ganske enkelte mere iøjnefaldende Mellemled i den indfiltrede Kæde af Omdannelser, som Stof og Energi gennemløber i Livsvirksomhedernes Malstrøm, og saa kan vi endda være baade glade og stolte over, at det allerede er lykkedes os med ret stor Nøjagtighed at opgøre en Status over Organis-

mens samlede Indtægter og Udgifter af Stof og Kraft, saa at vi ved, at intet heraf gaar til Spilde undervejs, selv om vi ikke altid i Detaillerne kan gøre Rede for Anvendelsen af de enkelte Poster paa Regnskabet.

Det er en saadan Statusopgørelse med et kort Udtog af Organismernes Husholdningsregnskab, vi nu skulde forsøge at stille op med alt Forbehold overfor, at der kan være taget fejl i en eller anden Enkelthed. Ti i mange Tilfælde maa vi her tage vor Tilflugt til sandsynlige Formodninger, som ved fornyede Revisioner endnu ofte kan blive Genstand for Korrektioner. Men det yder dog altid en vis Tilfredsstillelse og kan være af Betydning for senere Verifikationer, naar vi kan anføre, hvorledes man kunde være naaet fra Udgangspunktet til Enderesultatet.

Den mangesidige Anvendelse, der gøres af de optagne Næringsstoffer, kan indordnes under følgende fem Hovedgrupper:

1. Til Bygningsmateriale under Vækst og Nydannelser, hvorunder Næringsstofferne maa formes, assimileres, i væsentlig samme Skikkelse som de allerede eksisterende Celleelementer. Disse Omdannelser, der for den langt overvejende Del bestaar i Opbygningsprocesser, Synteser, kan sammenfattes under Betegnelsen Assimilation eller Bygningsstofskifte.

2. Til midlertidig Aflejring som Reservestoffer, der for Størstedelen er repræsenterede af store, energirige Molekuler, som ogsaa er Resultatet af Opbygningsprocesser.

3. Til Dannelsen af vigtige Sekreter, som vel udskilles af Cellerne, i Regelen ogsaa af Organismen, men som dog er af den største Betydning for denne. Ogsaa disse Stoffer er som oftest dannede ved Opbygningsprocesser under Binding af Energi, men der findes dog en Del Sekreter, der dannes under Nedbrydning af større Molekuler, eller som udskilles i samme Form, som de optages fra Omgivelserne.

4. Til Produktion af den Energi, der er nødvendig til den levende Maskines Drift, og som frigøres under en Nedbrydning, Dissimilation, af organiske Molekuler eller ved en Iltning af saadanne uorganiske Stoffer (Ammoniak o. l.), der forener sig med Ilt under Energifrigørelse. De under dette Driftsstofskifte dannede Nedbrydningsprodukter udskilles sædvanligvis af Organismen som unyttige Ekskreter.

5. Og endelig mister Organismerne større eller mindre

Mængder af deres Stofbeholdning ved mekanisk Slid (Afgnidning, Afstødning osv.) ved Bortdøen, Henfald og Frigørelse af Celler eller hele Organer, der, som ved Løvfald eller Bortfrysning af alle overjordiske Skud og Blade af forskellige Planter, kan andrage meget betydelige Mængder af deres samlede Stofmasse.

Først naar disse Poster er opgjorte, vil der kunne gives en Oversigt over den samlede Energi- og Stofomsætning og over Forholdet mellem Organismens Indtægter og Udgifter.

Bygningsstofskifte. Assimilation.

Det vigtigste Materiale, der benyttes ved Dannelsen af alt levende Stof, af Cellebestanddele, er de organiske Stoffer, som opstaar under Planternes Kulsyreassimilation. Naar Lyset falder paa et bladgrøntholdigt Planteorgan under Tilstedeværelsen af Kulsyre og Vand, ser vi af disse Stoffer saa at sige øjeblikkelig opstaa store organiske Molekuler, som oftest Stivelse (se S. 422), men undertiden og maaske tillige Sukkerarter eller Fedtstof, og da der samtidig frigøres saa megen Ilt, som Kulsyremolekulet netop indeholder, medens alt Kulstoffet indtræder i Forbindelser, der for hvert Atom Kulstof har 2 Atomer Brint og 1 Atom Ilt eller disse to Grundstoffer i samme Forhold som det, hvori de findes i Vand (som f. Eks. i $C_6H_{12}O_6$ = Druesukker), synes den paagældende kemiske Proces ganske simpelt at bestaa i en Reduktion af Kulsyren under Sammenkædning af Kulstofatomer med Vandmolekuler efter Formlen:

$$\underset{\text{Kulsyreanhydrid}}{6\,CO_2} + \underset{\text{Vand}}{6\,H_2O} = \underset{\text{Druesukker}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Ilt}}{6\,O_2}$$

$$\text{eller } \underset{\text{Kulsyre}}{6\,H_2CO_3} = \underset{\text{Druesukker}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Ilt}}{6\,O_2}$$

Hvis flere Molekuler Druesukker derefter forener sig under Fraspaltning af nogle Vandmolekuler, naar man let til Stivelsemolekulet, hvis procentiske Sammensætning er $n\,C_6H_{10}O_5$, hvor n betegner et Tal, som endnu ikke er helt bekendt, men som i visse Tilfælde antages at være 4, hvorefter den endelige Formel skulde være $C_{24}H_{40}O_{20}$ — altsaa et forholdsvis stort Molekule. — Fedtstoffer, der ogsaa bestaar alene af Kulstof, Brint og Ilt, men dette sidste Stof i ringere Mængde end i Kulhydra-

terne, kan da tænkes at opstaa af disse ved en yderligere Reduktionsproces.

Skønt der saa hurtigt dannes de nævnte store Molekuler under Kulsyreassimilationen, mener man dog ikke, at de er de første Assimilationsprodukter, og der er ofte opstillet den Formodning, at det er en organisk Forbindelse af den simplest mulige Sammensætning, der dannes, og netop den, der kan dannes af 1 Molekule Kulsyre og 1 Molekule Vand under Frigørelse af 1 Molekule Ilt efter Formlen:

$$C O_2 + H_2 O = \underset{\text{Formaldehyd}}{C H_2 O} + O_2$$

Og en saadan Forbindelse er velkendt under Navnet Formaldehyd (eller Myresyrens Aldehyd), der tilmed har en udpræget Tilbøjelighed til at polymerisere sig, d. v. s. til indbyrdes Sammenkobling af flere Molekuler, saaledes at en 6-Dobling netop vilde give et Stof af samme Formel som Druesukkerets: $C_6 H_{12} O_6$. Og ad rent kemisk Vej er det just lykkedes at danne en saadan Sukkerart, som er bleven kaldt Formose.

Da Formaldehyd imidlertid er en meget stærk Gift for alle levende Celler, og den heller ikke har kunnet paavises i de assimilerende Organer, skulde den altid polymerisere sig straks ved dens Dannelse. Og at dette virkelig ogsaa kan finde Sted, synes efter nyere Forsøg af Th. Bokorny (1909) og Victor Grafe (1909 og 1911) at være Tilfældet[1]). Den sidste dyrkede saaledes Bønneplanter i en afspærret kulsyrefri Luft, der indeholdt indtil 1,3 Rumfangsprocent luftformigt, rent Formaldehyd, og fik dem til at forøge deres Tørstofmængde ganske betydeligt, naar han blot beskyttede Rødderne og andre bladgrøntfrie Organer mod Formaldehydets giftige Virkninger. Bladgrøntet synes nemlig at beskytte mod Giftvirkningerne, og sandsynligvis fordi Formaldehydet gennem dette straks bliver oparbejdet til Sukker, af hvilket Grafe ogsaa kunde paavise betydelige Mængder i sine Forsøgsplanter. Derimod dannede de mærkeligt nok ikke Stivelse, hvad denne Plante ellers plejer at gøre.

At Stivelse i Almindelighed ikke er det første Assimilationsprodukt, fremgaar desuden af, at man kan faa bladgrøntførende

---

[1]) K. Grube (1908 og 1909) mener ogsaa at have paavist en Oparbejdning af Formaldehyd til Glykogen i den dyriske Organisme (i Leveren).

Organer til at danne dette Stof i Mørke, naar man tilfører dem Druesukker, Glycerin, Mannit, Dulcit o. l. Stoffer.

Medens saaledes f. Eks. Stivelsedannelse af de ovennævnte Stoffer kan foregaa i Mørke ved Omlejring af Energi, der samtidig frigøres ved Nedbrydning af andre organiske Stoffer, er Kulsyrens Reduktion hos de bladgrøntførende Planter[1]) ikke mulig uden Tilførsel og Udnyttelse af en helt anden Energikilde, nemlig Lysstraaler af en bestemt Kvalitet og Styrke (se S. 158), saaledes som de udsendes fra forskellige lysende Legemer og først og fremmest fra en Kilde i Naturen, der foreløbig synes uudtømmelig, Solen. Paa den anden Side er Kulsyreassimilationen saa ogsaa den eneste Livsvirksomhed, ved hvilken — saa vidt man ved — Lysenergi og overhovedet en anden Energiform end den kemiske direkte kan udnyttes af levende Væsener.

Hvorledes Planternes — og alt andet levendes — Trivsel paa denne Maade er afhængig af Lyset, er tidligere udførligt behandlet (se S. 153—160), og vi skal da kun tilføje lidt om, i hvilken Grad og hvorledes Lysenergien udnyttes.

Af den umaadelige Energimængde, der gennem Straaling stadig tilflyder vor Klode fra Solen, er det kun en forholdsvis meget ringe Brøkdel, der bindes som potentiel kemisk Energi ved de grønne Planters Kulsyreassimilation. Det er gennem Bladgrøntet, Planterne opfanger og indsuger Lysstraalerne, men af disse synes det kun at være nogle faa, navnlig røde og gule, maaske dog ogsaa til en vis Grad de blaa-violette, Straaler, men altid dog kun Straaler indenfor den begrænsede Del af Solspektret, der er synlig for vort Øje, som kan udnyttes hertil; og hvis disse Straaler tilmed ikke har en vis Styrke (forskellig for Lys- og Skyggeplanter), faar de slet ingen Betydning. Efter omhyggeligt anstillede Maalinger af den Energi, der er bleven deponeret i de dannede Assimilationsprodukter, skal den hos de kraftigst assimilerende Lysplanter under de gunstigst mulige Forhold sjældent eller maaske aldrig overstige c. 1 Procent af den samlede Lysenergi, der i en given Tid rammer de assimilerende Organer. Men ikke desto mindre er dette jo dog saa meget, at det rækker til ikke blot for den øjeblikkelige Underholdning af alt Liv paa Jorden, men ogsaa til Ophobning af den døde Kraft, som vi bestandig finder

[1]) At Kulsyren af visse Bakterier (Salpeterbakterier o. a.) kan reduceres ved kemisk Energi, er flere Gange tidligere nævnt (se f. Eks. S. 423).

bunden i Kul- og Tørvelag fra Fortidens Planteverden, og som vi ved Forbrændingsprocesser nu kan frigøre og anvende til Kraftproduktion med rent tekniske og andre Formaal for Øje (se S. 154).

Hvorledes Lysenergien bliver bunden og omsat af Planterne, ved vi ikke meget om. Vi ved kun, at Bladgrønt er nødvendigt hertil. Og sandsynligvis er det ikke Farvestoffet alene, der besørger Energioptagelsen og -Transformeringen; ti det er endnu aldrig med Sikkerhed lykkedes at paavise en Kulsyreassimilation ved Hjælp af Bladgrøntopløsninger ligesaa lidt som ved de Farvestofbærere (Bladgrøntlegemer) alene, hvortil Bladgrøntet er knyttet i Planterne. Her synes altsaa en Samvirken af to Faktorer, af hvilke den enes Rolle er os ganske ubekendt, at være nødvendig.

Det er nu egentlig ikke helt korrekt at henregne Kulsyreassimilationen til Bygningsstofskiftet, da de umiddelbare Produkter heraf ikke indgaar som blivende Bestanddele af den levende Celle. Snarere er her Tale om Anlæggelsen af et Depot af Reservestof, der senere tages i Brug ved de egentlige Assimilationsprocesser. Men naar vi alligevel har medtaget en Omtale af Processen ogsaa paa dette Sted (se forøvrigt S. 420—24), saa er det, dels fordi den ifølge gammel Sprogbrug altid henregnes til Assimilationsprocesserne, dels fordi den er en nødvendig Betingelse og Udgangspunktet for al anden Assimilationsvirksomhed saavel i Plantens som i den dyriske Organisme. Og vi skal derefter gaa over til at undersøge, hvorledes Kulsyreassimilationsprodukterne anvendes som virkeligt Bygningsmateriale,

Sandsynligvis er den første egentlige Assimilationsvirksomhed, der foregaar i en Celle, altid Dannelsen af de Æggehvidestoffer, der udgør Hovedbestanddelen af dennes Protoplasma og Kærne, og først fra disse dannes der saa sekundære Assimilationsprodukter som de, der udgør Cellevæggene eller andre Organer i Cellen. Hos Planterne saa vi saaledes aldrig Cellevægge opstaa uden i direkte Berøring med Protoplasmaet, og et særligt Indhold af Kulhydrater (Stivelse, Sukker o. l.), der er mest beslægtede med det Materiale (Cellulose, Træstof o. l.), hvoraf Væggene bestaar, synes ikke at være Betingelsen for en Vægdannelse, idet Æggehvidestofferne selv aabenbart er i Stand til at fraspalte saadanne Forbindelser.

Dannelsen af Protoplasma, og da hovedsagelig af levende Æggehvidestof, eller kort og godt en Æggehvidesyntese, maa derfor anses for den mest primære og den vigtigste af alle egent-

lige Assimilationsprocesser. Og da en saadan ikke kan foregaa, uden at der i Forvejen er Æggehvidestoffer til Stede af samme Slags som de, der nydannes, kommer Assimilationen altsaa til at bestaa i, at det nyoptagne Stof formes i det gamles Skikkelse. Senere kan der saa meget vel ved særlig Stofskiftevirksomhed fra Protoplasmaets Side formes nye Stoffer, der ikke tidligere eksisterede i Cellen.

Hvoraf danner da Cellerne deres Æggehvidestof og under hvilke Betingelser?

Herom ved vi foreløbig bedst Besked med Forholdene hos Planterne, som vi derfor vil begynde med.

Det er saaledes fastslaaet, at en Æggehvidesyntese finder Sted i de grønne Blade (og andre grønne Organer), hvor det Raamateriale, der er nødvendigt hertil, Kulhydrater, Salpetersyre, svovlsure og (for visse Æggehvidestoffer) tillige fosforsure Salte forefindes og mødes. De tre nævnte uorganiske Forbindelser, der medfører de 3 Grundstoffer Kvælstof, Svovl og Fosfor, som indgaar i Æggehvidemolekulet, reduceres og danner nye Radikaler, Kvælstoffet saaledes Aminogrupper (NH_2), der igen forener sig med Radikaler fra Kulhydraterne til Syreamider (med Gruppen $CO . NH_2$) og Aminer (med Gruppen $CH_2 . NH_2$), medens Svovl og Fosfor danner tilsvarende Grupperinger. Paa denne Maade opbygges efterhaanden et meget stort og kompliceret sammensat Molekule under Binding af Energi, der vistnok altid tages fra samtidigt forløbende Nedbrydningsprocesser af andre organiske Molekuler, selv om der foreligger Angivelser om, at denne Syntese i grønne Organer fremmes i Lys, og særlig under Indvirkning af blaa-violette Straaler. Ti Lyset kan her spille den Rolle, at der ved dette netop dannes de Kulhydratgrupper, som er de gunstigste for Æggehvidesyntesen, idet Tilførselen af f. Eks. Druesukker sammen med de nævnte uorganiske Salte og Amidforbindelser kan hidføre samme livlige Æggehvidedannelse i Mørke som den, der foregaar i Lys af andet Raamateriale (B. Hansteen). Og sikkert er det i hvert Fald, at der rundt omkring i bladgrøntfrie Celler og i saadanne, til hvilke der ikke naar noget Lys, saavel i Planternes som i Dyrenes Legeme, foregaar en Æggehvidesyntese, der altsaa i Almindelighed ikke kan være afhængig af Lysets Medvirkning.

Visse af de Radikaler, som Planterne bygger deres Æggehvidestoffer op af, som Druesukker, Amider og Aminer, dannes imid-

lertid ofte ved Nedbrydning, især hvor der er Tale om at flytte Æggehvidestof fra en Celle til en anden under Stofvandringerne i Plantelegemet. Og derfor foregaar der ogsaa bestandig en Regeneration af Æggehvidestoffer fra saadanne Nedbrydningsprodukter. Vi ser da, at de samme Stoffer kan være Resultat baade af Opbygnings- og Nedbrydningsprocesser, og det er ofte meget vanskeligt at afgøre, hvilke af disse de skylder deres Tilblivelse.

Medens det saaledes er uomtvisteligt, at Æggehvidesyntesen i Planterne udgaar fra simple Molekuler af tildels uorganisk Natur, er det en almindelig udbredt Opfattelse mellem Dyrefysiologer, at den i den dyriske Organisme kun foregaar paa Bekostning af de Æggehvidestoffer, der i mere eller mindre sønderdelt (fordøjet) Tilstand optages udefra eller fra Blodet, eller ogsaa ved en Regeneration fra saadanne indenfor den enkelte Celle. Kulhydrater og Fedtstoffer skulde da ingen Rolle spille for selve Æggehvidedannelsen men kun tjene til Produktion af Energi eller til midlertidig Aflejring som Reservenæring, hvorved de da ogsaa indirekte faar Betydning for Forøgelsen af Æggehvidestofbeholdningen, fordi Organismen i saa Tilfælde ikke behøver at anvende denne til sin Energiproduktion, men kan spare paa den.

Da Dyrene (de højere i hvert Fald) vel nok optager saa at sige al deres kvælstofholdige Næring i Form af Æggehvidestoffer eller organiske Spaltningsprodukter af disse, medens uorganiske Kvælstofforbindelser som Salpetersyre og Ammoniak ikke vides direkte[1]) at spille nogen Rolle som Næringsstoffer for dem, vil en Æggehvidestofforøgelse naturligvis altid være afhængig af et tilsvarende Forbrug af udefra optagne Æggehvidestoffer eller disses kvælstofholdige Radikaler. Men naar Æggehvidestofferne i den dyriske Organisme kan undergaa samme Spaltning som i Plantelegemet, og man ikke vil benægte, at der under deres Nedbrydning kan fraspaltes saavel Kulhydrater som Fedtstoffer, vilde der à priori intet være at indvende mod den Antagelse, at disse Stoffer ogsaa kan indgaa i Æggehvidesyntesen, naar de optages udefra, eller at de allerede i de resorberende Ernæringsorganer samt i Blod og Lymfe, skulde kunne forene sig med kvælstof-, svovl- og fosforholdige Radikaler til fuldt færdige Æggehvidestoffer. Og

*) Ammoniak kan sandsynligvis udnyttes indirekte som Næringsstof af visse Planteædere, idet det i disses Fordøjelseskanal af Bakterier oparbejdes til Æggehvidestoffer, som da fordøjes og resorberes.

at dette ogsaa virkelig finder Sted, maa efter Analogien fra Planterne anses for sandsynligt, selv om der muligvis endnu ikke foreligger fyldestgørende Beviser for en saadan Antagelse.

Fra Protoplasmaets Æggehvidestoffer kan saa, som før nævnt, dannes en Mængde andre Stoffer, der indgaar som normale Bestanddele i Cellens Struktur, saaledes de Stoffer, der udgør det mere blivende Cellevægsmateriale, og som hos Planterne væsentligst bestaar af kvælstoffrie Forbindelser (Cellulose, Træstof o. l.), endvidere Lipoiderne, hvoraf Protoplasmahudlagene og visse Celler som Nervesystemets hovedsageligt synes at bestaa, i mange Tilfælde Fedtstoffer, eller Glykogen (i Leveren) under kulhydrat- og fedtfri Kost, og talrige andre for hver Organisme eller hvert Organ ejendommelige organiske Stoffer, der ligesom hører med til den færdige Cellebygning.

Men flere af disse Forbindelser kan dog sikkert ogsaa dannes paa andre Maader end ved direkte Fraspaltning fra Æggehvidestoffer. Saaledes er det naturligt, at Cellulose kan opstaa ved en Kondensation af andre Kulhydrater, der er indblandede som saadanne i Protoplasmaet, at Fedtstoffer kan dannes ved en Syntese af deres egne hydrolytiske Spaltningsprodukter (Glycerin og frie Fedtsyrer) eller ved en Reduktion af Kulhydrater, at disse sidste ved Iltninger og Spaltninger leverer forskellige organiske Syrer, som dem, der udgør en saa væsentlig Del af Planternes Cellesaft eller Mælkesyren i Muskelvævene, at der af Druesukker ved en Kondensation dannes Glykogen i Leveren o. s. v. Kort sagt, Bygningsmaterialet til Cellen kan leveres fra mange forskellige Kilder og kan dannes dels ved Sammentømring (Opbygningsprocesser), dels ved Nedbrydning, og Organismen synes i hvert enkelt Tilfælde at benytte sig af, hvad der er nærmest ved Haanden, eller hvad der lettest lader sig skaffe til Veje. Man skal derfor vogte sig for at danne sig altfor skematiske Forestillinger om, hvorledes Dannelsen af det levende og døde[1]) Cellemateriale finder Sted, idet Cellen undertiden kan antages at benytte Midler og gaa Veje, som den sædvanligvis ikke benytter, men som den dog kan gribe til som en Nødhjælp i givet Tilfælde.

---

[1]) En stor Del af de Stoffer, som Cellerne bestaar af, f. Eks. meget af Planternes Cellevægsmateriale, antages at være døde, saaledes at der ikke foregaar noget Stofskifte i dem, naar de først er færdigt dannede. Men alligevel er de af største Betydning for Organismen i dens Helhed.

Foruden de Stoffer — af organisk Natur — som den levende Celle selv danner og former i sit Billede og saaledes bl. a. ofte giver en ganske egenartet Struktur, hvorpaa mange af Forskelligheder mellem ellers nærstaaende Arter beror, optager den ogsaa en stor Del Stoffer i sig, der ikke undergaar nogen kemisk eller fysisk Forandring fra de Tilstande, hvori de forekommer i den livløse Natur, og som derfor heller ikke kan siges at blive til levende Stof, om de end hører til Cellens vigtigste og ganske uundværlige Indhold. Dette gælder saaledes Vandet, af hvilket der altid maa findes saa store Mængder indlejret mellem Protoplasmaets faste Bestanddele, at disse kommer i opløst eller flydende Tilstand, for at Livsvirksomhed kan foregaa. I livsvirksomt Protoplasma findes der da i Regelen fra c. 70—95 Procent Vand eller mere, og synker dette Indhold under en vis Grænse, bliver det enten faretruende for Livet, eller Livsmaskineriet gaar i Staa, indtil der atter tilføres Vand. Mange rent uorganiske Salte er ligesaa nødvendige, f. Eks. et vist Indhold af Kogsalt i Blodet, som stadig maa fornyes ved Optagelse udefra, da det bestandig udskilles af den dyriske Organisme med Urinen; og lignende osmotisk virkende Salte, som findes i Planternes Cellesaft, medvirker her paa en for Vækst og Næringsoptagelse overordentlig vigtig Maade ved at holde Cellerne i saftspændt (turgescent) Tilstand. I Dyrenes Knogler og Tænder indlejres store Mængder af fosforsur, kulsur og andre Kalksalte, en Mængde Bløddyrs, Ormes, Protozoërs o. a. Dyrs beskyttende Skaller bestaar ligeledes for Størstedelen af kulsur Kalk eller Kiselsyre, hvilke to Stoffer ogsaa hyppigt indlejres i store Mængder i Planternes Cellevægge.

Og det er umiddelbart indlysende, hvilken Rolle disse Stoffer spiller for de forskellige Organismers Eksistens. Derfor hører de i Regelen ogsaa med til deres nødvendige Næringsstoffer, men ofte optages der dog ogsaa en Del af den Slags Stoffer, der meget vel kunde undværes, selv om de gør Nytte, naar de bruges. Atter her viser det sig altsaa, hvorledes Organismerne tager de Hjælpemidler i Brug, som Omgivelserne umiddelbart byder dem, eller hvorledes de under særlige Forhold kan udnytte et Bygningsmateriale til et bestemt Formaal, der ikke behøver at høre med til deres daglige og nødvendige Husholdning.

Aflejring af Reservestoffer.

For Organismernes fortsatte Eksistens under Perioder, hvor der enten hersker Næringsmangel i Omgivelserne, eller de af en eller anden Grund er ude af Stand til at optage Næring ude fra, er det som omtalt S. 105—06 og S. 408 af den allerstørste Betydning, at de i gode Tider kan optage mere, end de i Øjeblikket har Brug for, og da gemme Overskuddet, hvortil de derfor ogsaa ofte har uddannet særlige Oplagsnæringsorganer.

Imidlertid gælder det først og fremmest at samle paa saadant Stof, som de bruger mest af, og som det til Tider kan være vanskeligt at skaffe sig fra Omgivelserne, og dernæst er det ofte af Betydning at kunne gemme saa meget som muligt deraf paa den mindst mulige Plads.

De Stoffer, af hvilke der anlægges Oplag, er da i første Række organiske Forbindelser med stor potentiel Energi, og dernæst saadanne uorganiske Stoffer, som i Almindelighed eller paa de Tider, da der er særlig Brug for dem, kun forekommer i ganske smaa eller utilstrækkelige Mængder i Omgivelserne. Af de første viser det sig, at Æggehvidestoffer og Fedtstoffer er almindelig anvendte overalt i den levende Natur, og at Planterne tillige i udstrakt Grad betjener sig af højmolekulære Kulhydrater som Stivelse og Cellulose, men tillige ogsaa ofte Sukkerarter, medens Dyrene kun for en ringere Del benytter saadanne og da næsten kun Glykogen og Druesukker. Til de sidste hører en Del vigtige Næringssalte af navnlig Kali og Fosforsyre, og saa i mange Tilfælde tillige Vand, som det jo i Tørkeperioder kan knibe med at tilvejebringe i de fornødne Mængder.

De organiske Reservestoffer er altsaa for Størstedelen uopløselige Forbindelser, og dette har den Betydning, at de da ikke umiddelbart kan angribes af f. Eks. Ilt eller let indgaa i kemiske Reaktioner med andre Stoffer, hvorved de bedre kan opbevares uforandrede i længere Tid. De træder saaledes foreløbig ud af Funktion, og vi ser ofte de Organer, hvori de opbevares, gaa i Hvile for kortere eller længere Tid, under hvilken Livsvirksomhederne i dem er nedstemte til et Minimum (hvilende Frø, Knolde, Løg, Knopper, Sporer o. s. v. af Planter). Og alligevel har den levende Organisme det i sin Magt at bringe dem i Opløsning og Cirkulation ved at paavirke dem gennem særlige Enzymer (se S. 412 ff.), saa snart den har Brug for dem. Da vi i

disse Stoffer forefinder de største og mest kompliceret byggede Molekuler, er Dannelsen af dem i udpræget Grad Opbygningsprocesser med dertil hørende Energibinding.

Som tidligere nævnt har vi i Dannelsen af de almindeligt optrædende Kulsyreassimilationsprodukter en umiddelbart til Næringsoptagelsen knyttet Aflejring af Reservestoffer, i hvilke Lysenergien bindes som potentiel kemisk Energi. Men desuagtet er de grønne Assimilationsorganer i Almindelighed ikke egnede til at være Magasiner for større Mængder af saadan Oplagsnæring, hvorfor denne da ogsaa igen bringes i opløselig Form og som saadan for en stor Del vandrer til de egentlige Forraadsorganer. Ankommen hertil maa den saa igen undergaa en Omdannelse til uopløselige eller i hvert Fald mere kondenserede (vandfattigere) Forbindelser, men hertil kan nu ikke længere direkte benyttes Lysenergi, saa der samtidig maa finde en Nedbrydning Sted af en Del af Materialet til Levering af den til Kondensationen fornødne Energi.

Ogsaa i den dyriske Organisme synes en Del af den optagne Næring, f. Eks. af Fedtstofferne, straks at blive aflejret som Oplagsnæring og først senere lidt efter lidt at blive inddraget i Organismens Stofskifte. Noget lignende gælder for det Sukker, der deponeres som Glykogen i Leveren, medens Aflejringen af Æggehvidestoffer sikkert er langt mere indviklet, fordi disse Stoffer først optages efter en meget mere dybtgaaende Sønderdeling end de første, og de som konstituerende Bestanddele af det livsvirksomme Protoplasma ikke saaledes kan gaa ud af Funktion, som f. Eks. Fedtstoffer midlertidigt kan gøre det.

Naar der ogsaa uden direkte Tilknytning til Næringsoptagelsen udefra aflejres Reservestoffer, idet et Organ udtømmer sit Indhold til et andet (de rent vegetative Organer saaledes ofte til Forplantningsorganerne), er det ogsaa vanskeligere at udrede, hvorledes Reservestofferne egentlig dannes. Man kunde da meget vel tænke sig, at saavel Stivelse som Fedt kunde fremstaa som Resultat af en delvis Nedbrydning af de endnu langt større Æggehvidestofmolekuler under Fraspaltning af disses kvælstof- og svovlholdige Radikaler.

Ligeledes er det endnu ikke opklaret, hvorledes Omdannelsen fra en Slags Reservestof til en anden, som fra Fedt til Stivelse og omvendt, der er saa almindelig i Plantens Forraadsorganer, gaar for sig, idet man ikke har været i Stand til at udføre disse Processer udenfor den levende Celle. Men i mange Tilfælde, som

hvor Sukker omdannes til Stivelse, Amidforbindelser oparbejdes til Æggehvidestoffer o. l., ved man dog, at der foregaar en Række Kondensationer (Anhydriddannelser), d. v. s. en Sammentømring af mindre Molekuler til større under Vandfraspaltning eller det modsatte af, hvad vi kalder Hydrolyser (se S. 414). At de samme Enzymer, som fremkalder disse sidste, i visse Tilfælde ogsaa kan udføre de første Processer, er godtgjort for nogles Vedkommende, og dermed er da maaske løftet en Flig for Forstaaelsen af, hvordan det er muligt for den levende Celle at danne Stoffer, som det endnu ikke er lykkedes at fremstille kunstigt. Ti medens vi jo nu paa denne Maade (syntetisk) kan opbygge en overordentlig stor Mængde af organiske Forbindelser, hører netop flere af de omtalte Reservestoffer til dem, med hvilke dette hidtil ikke er lykkedes — tildels ogsaa af den gode Grund, at vi i Regelen endnu ikke kender deres nøjagtige kemiske Sammensætning.

Udskillelsen og Dannelsen af nyttige Sekreter.

Ved Sekreter forstaar man saadanne Stofskifteprodukter, som skal udføre en for Organismen eller dens Afkom nyttig Funktion, skønt de hurtigt udskilles af den eller i hvert Fald af det Organ, i hvilket de er dannede, og i sidste Tilfælde da i Regelen ogsaa hurtigt sønderdeles og fjernes. De kan dannes i saa store Mængder, at de kræver en ekstraordinær Næringsoptagelse til Dækning af det Stoftab, der lides ved deres Udskillelse, og Optagelsen af bestemte Næringsstoffer finder undertiden netop sin Forklaring i Sekreternes kemiske Sammensætning.

Vi kan mellem Sekreterne finde de mest forskelligartede Stoffer, fra simple uorganiske Forbindelser som Vand og Saltsyre til de mest sammensatte organiske Molekuler som Fedtstoffer, Æggehvidestoffer og Nukleiner, og deres Betydning er derfor lige saa mangesidig.

Hos alle Organismer (saavel Dyr som Planter), der lever i Luften eller ikke helt er omgivne af et flydende Medium eller dampmættet Luft, finder vi saaledes en meget betydelig Sekretion af Vand i Dampform — ved den saakaldte Transpiration, der straks skal omtales nærmere — foruden en Mængde andre flygtige Stoffer, der ofte i høj Grad paavirker vore Lugteorganer, som de æteriske Oljer, Kamferarter, Balsamer, Terpener, fede Syrer og deres Æterarter o. m. a. Forbindelser hos Planterne, Moskus o. a. stinkende Substanser hos Dyrene. Almindelig er endvidere Ud-

skillelsen af klæbrige, slimede, fedtede, brændende og giftige Stoffer, der tjener som Beskyttelsesmidler for en Mængde Planter og Dyr baade mod det ene og det andet, eller af Syrer (som de, der udskilles af Planternes Rødder og i Dyrenes Mave), Alkalier, Galde og Enzymer i de Fordøjelsesvæsker, som forbereder Næringsoptagelsen o. s. v. I en stor Del Kirtler, af hvilke nogle helt mangler Udførselsgang, som Skjoldbruskkirtlen, den ved Grunden af Hjernen liggende Hypophysis, Binyrerne m. fl., samt ogsaa i saadanne, der har Udførselsgang, som Lever og Bugspytkirtel, dannes en Del Sekreter, som ikke udskilles af Organismen, men gaar til Grunde efter at have udført meget vigtige Funktioner. Og endelig er Sekretionen af Kønsceller og andre Forplantningsceller og af de Næringsstoffer, der medgives Afkommet — hvad enten det sker samtidig med Frigørelsen af Kønscellerne (som i Fuglenes og Krybdyrenes faa, store eller i andre Dyregrupper talrige, men forholdsvis mindre Æg), eller det sker gennem Afsondringen af Mælk til det fødte nye Individ (som hos Pattedyrene) eller ved Aflejring af Oplagsnæring i Frøhvide eller Kimblade (som hos Planterne) — saavel i kvantitativ som i kvalitativ Henseende af saa gennemgribende en Betydning for Organismerne, at de paa den mest iøjnefaldende Maade kan komme til at gribe ind i disses Stofhusholdning.

En stor Mængde Sekreter (saavel som Ekskreter) dannes i særlige Organer, Kirtler, og findes i Regelen ellers ikke i de øvrige Dele af Organismen. Kirtlerne er derfor at opfatte som Værksteder for specielle kemiske Arbejder, og de er ofte udstyrede med en forbavsende stor Ydeevne (jfr. Spytkirtler, S. 427, Mælkekirtler, S. 456 o. fl.).

Medens nogle af disse Sekretioner er eller vil blive omtalte andetsteds — som Udskillelsen af Fordøjelsesvæsker og Forplantningsceller, Aflejringen af Oplagsnæring i Frø og andre Forplantningsorganer — skal her kun yderligere fremdrages et Par Eksempler paa, hvor store Krav til Stofoptagelse udefra saadanne Sekretioner kan stille til Organismen, hvis denne skal dække de Tab, de forvolder den.

Transpiration. Det er vel kun i uegentlig Forstand, man kan henregne det Vand, som Landorganismerne afgiver ved Fordampning fra deres Overflade, til de nyttige Sekreter, men da selve Sekretionen af Vandet er af saa overordentlig stor Betydning for baade Planter og Dyr, og den i kvantitativ Henseende ofte over-

gaar enhver anden Stofudskilning, maa det være naturligt at omtale den paa dette Sted.

Hvor dybt Transpirationen griber ind i Planternes Liv, saa deres Organers Udformning og deres hele Levevis er præget deraf, og mange Arters Forekomst og geografiske Udbredelse er betinget af deres Evne til at regulere deres Fordampning efter de paa et givet Sted herskende klimatiske og andre Faktorer, der øver Indflydelse herpaa, er omtalt flere Gange tidligere (S. 117—120, 212—213, 220, 334—35, 343—361), saa der staar kun tilbage at anføre Eksempler paa, hvor omfattende Vandtabet kan være, og hvilken direkte Betydning Processen iøvrigt kan have for Planterne.

Uden Tvivl er Vandfordampningen i sig selv en rent fysisk Proces, der i Hovedsagen følger samme Love, naar den foregaar fra levende Væseners som fra livløse Genstandes eller frie Vædskers Overflade, idet i alle disse Tilfælde Luftens Fugtighedsgrad, Temperaturen og Luftstrømninger (særlig Vindene) er de ydre Faktorer, som væsentligst bestemmer dens Størrelse, der staar i ligefremt Forhold til den fordampende Overflade. Men naar Organismerne er i Stand til at fremkalde Variationer i disse Faktorer, f. Eks. ved Reduktion eller Forøgelse af den frie Overflade (som ved Sammenlukning og -foldning af Bladfladerne, ved Lukning af de Spalteaabninger, der sætter Organernes indre Overflade, Intercellulærerne, i Forbindelse med den omgivende Atmosfære, ved Afkastning af Blade o. l., se S. 117—122), endvidere ved Produktion af fri Varme, ved forøget Vandoptagelse, ved Bygningsforhold i Hudvævene eller ved Udskillelse af andre fordampningsregulerende Sekreter o. s. v., kommer selve Livsvirksomheden dog til paa en afgørende Maade at gribe ind i Fordampningens Omfang.

De mægtige Overflader, som f. Eks. et med Blade rigt udstyret Træ frembyder, vil trods alle Reguleringsforanstaltninger fra Træets Side i tørt og varmt Vejr altid afgive meget betydelige Vandmængder i Dampform. Saaledes beregnede VON HÖHNEL, at en fritstaaende Birk med c. 200,000 Blade paa en varm og tør Dag fordamper c. 400 Liter Vand, og i Gennemsnit daglig under Vegetationsperioden 60—70 Liter, ligesom en Hektare Bøgeskov daglig skulde afgive c. 30,000 og en Hektare Græsmark 30—75,000 Liter Vand. Men hvorledes Bladbygningen kan ændre disse Størrelser, fremgaar af, at for hver 100 Gram Bladsubstans forbruger en Rødbøg c. 75, men en Gran kun 7 Liter Vand i Løbet af en

Vegetationsperiode. Og da Vandfordampningen synes at staa i ligefremt Forhold til Planternes Trivsel, har man (DIETRICH) beregnet, at der til Produktionen af hvert Gram Tørstof gennemsnitligt fordamper 250—400 Gram Vand.

Sikkert nok frembyder disse uhyre Vandtab ofte de største Farer for Planterne, da det under Tørkeperioder eller paa særligt varme og tørre Dage, især paa Forsommeren, naar Jorden endnu er kold, og Vandoptagelsen fra Rødderne af den Grund endnu kun foregaar langsomt, vil være vanskeligt at skaffe Dækning herfor. Og det er heller ikke altid umiddelbart indlysende, at just den stærkeste Transpiration er noget gavnligt for Planterne. Men at Processen som Helhed dog er til den største Nytte, ja, uundværlig for dem, fremgaar af den netop omtalte Kendsgerning, at Tørstofproduktionen staar i direkte Forhold til Vandfordampningen, og forklares sædvanlig ud fra den Antagelse, at denne er en Hovedbetingelse for den fortsatte Transport af Vand fra Jorden op i Plantelegemet og derigennem for dettes Forsyning med de nødvendige i Vandet opløste Næringssalte.

Utvivlsomt har den ogsaa ofte den store Betydning for Planterne, at den forhindrer en altfor høj, ja dræbende Temperaturstigning, hvor de er udsatte for direkte Bestraaling af Sollyset (især under lavere Breddegrader og i høj, tynd Luft, hvor Insolationsvarmen bliver særlig stor).

Hos Dyrene, hvis frie Overflade gennemgaaende er langt mindre og ofte ogsaa bedre beskyttet (ved Haar, Skæl, Pansere o. l.) end Planternes, er Transpirationen vel gennemgaaende svagere og har ogsaa en væsentlig anden Betydning, men hos de varmblodede Dyr og navnlig hos saadanne som Mennesket, hvis Hud af Naturen er daarligt beskyttet mod Fordampning, kan den dog naa et betydeligt Omfang. Hos de med særlige Aandedrætsorganer (Lunger, Trachéer) udstyrede Landdyr maa der tillige regnes med et betydeligt Tab af Vanddampe fra disse Organer, hvis fugtige Slimhinder let afgiver saadanne til den Luftstrøm, der bestandig passerer dem. Man regner saaledes, at et voksent Menneske daglig udskiller i Gennemsnit c. 3 Liter Vand, hvoraf c. 1 Liter ved Fordampning gennem Huden, $^1/_2$ Liter gennem Lungerne og de resterende $1^1/_2$ Liter hovedsageligt med Urinen (heraf kun c. 100 Kubikcm. med Ekskrementerne). Men er det særlig varmt og tørt, eller arbejdes der stærkt fysisk, saa der produceres et større Overskud end sædvanligt af fri Varme i Organismen,

bliver Vandtabet gennem Hud og Lunger langt større (fra 1—3 Liter), hvad den forøgede Tørst bl. a. umiddelbart belærer en om.

Transpirationens Betydning for Dyrene vil dog væsentligst være den, at den regulerer Legemsvarmen, hvilket først og fremmest er vigtigt for de varmblodede Dyr, der kun derigennem kan holde konstant Legemstemperatur. Varmeforbruget ved Fordampning er nemlig meget stort, ikke mindre end 536 Varmeenheder (Kalorier) for et Kilogram Vand ved 100° (og noget større ved lavere Temperaturer), saa ved at forøge Fordampningen under Udskillelse af Sved, der afsondres fra Kirtler i Huden, som staar under særlig nervøs Paavirkning, kan Organismen holde sin Temperatur nede paa den normale, selv naar den i Omgivelserne, f. Eks. ved direkte Bestraaling af Solen, i Varmluftsbade, ved Fyrsteder o. l. gaar betydeligt højere op. Ja, Mennesker kan endogsaa i absolut tør Luft en kortere Tid taale Temperaturer paa 100° og lidt over, uden at deres Legemstemperatur derved overstiger den normale (37°). (Til Spørgsmaalet om Transpirationens Betydning for Legemets Varmetab og til Svedens Indhold af forskellige Sekreter vil vi senere vende tilbage, se S. 494 og 479.) — For de koldblodede Dyr kan Transpirationen vel ogsaa undertiden virke beskyttende mod for høj Varme i Omgivelserne, men for dem frembyder den dog aabenbart ogsaa ofte en stor Fare for for stort Vandtab, saa de herved, ligesom Planterne, kan blive begrænsede i deres geografiske og lokale Udbredelsesomraade. Til Beskyttelse mod for stærk Transpiration kan de saa ogsaa være forsynede med Haardannelser (som mange Larver), med Kitinpansere (som de fleste fuldt udviklede Insekter) med Kalkskaller (som mange Snegle) o. s. v., eller de kan udsondre Slim o. l. Stoffer som mange Snegle, Krybdyr og Padder, hvilke sidste desuden kan være beskyttede ved Skæl, forbenede Pansere m. m.

Mælkesekretion. Blandt de mange Maader, paa hvilke Organismerne sørger for deres ufødte eller fødte Afkoms Ernæring, ved at Moderen direkte afgiver Næringsstoffer fra sit eget Legemes Beholdning, er Mælkeafsondringen, der som bekendt kun forekommer hos Pattedyr, et særligt prægnant Eksempel. I Virkeligheden er den ganske sideordnet med Planternes Aflejring af Oplagsnæring i deres Frø eller andre Forplantningsorganer og med andre Dyregruppers, særlig Fuglenes og Krybdyrenes, Ophobning af Næringsstoffer i deres store Æg, og den er en direkte Fortsættelse af den Ernæring fra Moderdyret, der finder Sted under

Fostertilstanden inden Fødselen, idet Ungerne i Regelen ikke straks efter denne paa egen Haand kan skaffe sig den nødvendige Føde eller er i Stand til at fordøje og udnytte de sædvanlige raa Næringsmidler, som Arten ellers benytter sig af. Den bliver da ogsaa et Udtryk for Pattedyrenes høje sjælelige Udvikligstrin, idet den betegner et saa inderligt Sammenknytningsmiddel mellem den ydende og den nydende Part i en Familie, at den ganske naturligt afføder Instinkter og Følelser af den højeste etiske Værdi.

Hos det højst udviklede Pattedyr, Mennesket, ser vi endog en med Svangerskab og Mælkeafsondring nøje forbunden Sekretion, Menstruationen[1]), træde i Funktion hos de kvindelige Individer med Indtrædelsen af den kønsmodne Alder og regelmæssigt vedblive at fungere, saa længe Reproduktionsevnen er til Stede, i de Perioder, hvor der intet Afkom findes, som i Fostertilstand kan modtage Næringsstoffer fra Moderorganismen eller nyde godt af Mælkesekretionen, og det selv om Reproduktionsevnen aldrig faar Lejlighed til at træde i Funktion, saa Kvinden i alle Tilfælde ofrer af sit eget Legeme til en ny Generation, hvad enten hun føder denne eller ej.

Under Svangerskabet afgiver Moderorganismen de nødvendige Næringsstoffer til Fosteret direkte gennem Blodet, men efter Fødselen besørges Ernæringen af særlige Kirtler, Mælkekirtlerne, der forøvrigt er udviklede baade hos Mænd og Kvinder, men i Regelen kun funktionsdygtige hos de sidste i kortere eller længere Tid efter en Fødsel. Disse Kirtler danner nu Stoffer, der for en væsentlig Del, som Mælkesukkeret og Kaseinet, slet ikke findes i den øvrige Organisme, ej heller i Blodet, der afgiver Raamaterialet til deres Dannelse, og de Salte, Mælken indeholder, findes ogsaa i et helt andet Forhold end i Blodet. Det er saaledes tydeligt, at Mælkekirtlerne udfører et selvstændig kemisk Arbejde.

De forskellige Pattedyrs Mælk indeholder i det væsentlige de samme organiske og uorganiske Stoffer, men i meget vekslende Mængder og indbyrdes Forhold efter Dyrearten, efter Individet og dettes Tilstand under forskellige ydre Forhold. Hovedsagen er, at de udgør alt, hvad Ungerne har Brug for som Næring i deres første Levetid. Som Eksempel paa Mælkens Sammensætning er der S. 96 anført Gennemsnitstal af en Række Analyser af Kvinde-

[1]) Menstruationslignende Sekreter er dog ikke helt ukendte fra andre Pattedyr; f. Eks. hos nogle Mennesket nærstaaende Aber o. a.

Sammensætningen af Mælk.

I 100 Dele Mælk af	Menneske	Ko	Ged	Faar	Æsel	Hest	Svin
Vand	87,9	87,3	87,3	84,0	92,5	90,0	82,4
Faste Stoffer	12,1	12,7	12,7	16,0	7,5	10,0	17,6
Æggehvidestof	1,3	3,5	3,5	5,3	1,7	1.9	6,1
Fedtstof	3,4	3,9	3.9	5,4	0,4	1,1	6,4
Mælkesukker	7,1	4,4	4,4	4,1	5,0	6,7	4,0
Salte	0,2	0,8	0,8	0,7	0,4	0,3	1,1

mælk. Til Sammenligning hermed anføres desuden ovenstaaende nogle Middeltal for andre Dyrearters Mælk.

Tabellen Side 96 giver saa tillige Oplysning om, hvorledes Mælkens Sammensætning kan variere indenfor samme Art efter Individerne, hvor igen Tidspunktet, da Mælkeprøven tages, Stadiet i Mælkegivningsperioden, Ernæringen og den øvrige Sundhedstilstand, Alderen og en Mængde andre Faktorer har Indflydelse. Ligeledes er de daglige Mælkemængder jo yderst forskellige indenfor Arterne mellem de enkelte Individer og svinger saaledes hos Kvinder fra $^1/_2$ til $1^1/_2$ Liter med fra c. 50 til c. 200 Gram faste Stoffer, og de kan hos Køer endog gaa op til 20—25 Liter. Dette vil sige, at Mælkens Næringsværdi hos et Menneske, udtrykt i Varmeenheder (Kalorier, se S. 471 og 486—96) kan udgøre fra c. 330 til 1000 Kalorier daglig, og naar en voksen Kvinde til sit eget Legemes daglige Underhold kræver Næringsstoffer til en gennemsnitlig Kalorieværdi af 2000—2500, vil man se, hvor betydelig en Brøkdel hun heraf kan afgive til sit Barn. Naturligvis maa hun da ogsaa i Mælkegivningsperioden indtage saa meget mere Næring, hvis Diegivningen ikke skal tære alt for meget paa hendes eget Legemes Kræfter.

Den indtagne Nærings Sammensætning kan indvirke kendeligt paa den afsondrede Mælks. Fremfor alt stiger dennes Mængde og absolute Fedtindhold, naar der indtages særlig æggehviderig Næring, medens Nydelsen af store Mængder Fedtstof har mindre Indflydelse i saa Henseende, og Mælkens procentiske Fedtindhold synes altid at være temmelig konstant hos det enkelte Individ. Paa den anden Side bliver Mælkens Indhold af Æggehvidestoffer ikke forøget i nogen nævneværdig Grad ved en forøget Nydelse af disse. Paa alle Punkter griber derfor Organismen selvstændigt re-

gulerende ind ved de kemiske Processer, der foregaar i den. At Komælkens Kvalitet som bekendt ogsaa i langt højere Grad afhænger af Racen og Individet end af det Foder, der gives Køerne, bekræfter jo ogsaa denne Regel.

Energiproduktion ved Stofnedbrydning. Dissimilation og Ekskretion.

For en stor Del af Dyrene kommer der jo som bekendt et Tidspunkt, da de ikke længere tager til i Størrelse eller Vægt, fordi de er udvoksede, men hvorefter de alligevel i lang Tid kan blive ved med daglig at optage omtrent samme Mængde Næring som før. Derfor maa alt det Stof, der optages, eller tilsvarende Mængder af deres Legeme udskilles igen, naar Organismen ellers befinder sig i stoflig Ligevægt, og det er ikke vanskeligt at konstatere, at dette ogsaa finder Sted. Men de Stoffer, der udskilles, er dog med Undtagelse af Vandet og mindre Mængder af visse Salte af en ganske anden Art end de, der optages, ja, de er (med Undtagelse af de før omtalte Sekreter) undergaaede en gennemgribende Forandring, bestaaende i en dybtgaaende Sønderdeling eller Nedbrydning (Dissimilation) under deres Passage gennem den levende Organisme. Det viser sig nemlig, at de sammensatte kulstof- og kvælstofholdige organiske Stoffer, der udgør Hovedbestanddelen af Føden, er blevne nedbrudte dels til den rent uorganiske Kulsyre, dels til nogle af de simpleste organiske Forbindelser som Urinstof og Urinsyre, der ved en enkelt yderligere Spaltning under Optagelse af Vand (en Hydrolyse, se S. 414) ogsaa kunde være bleven omdannede til det uorganiske Stof kulsur Ammoniak[1]). Og det Svovl, der indgaar i Æggehvidestoffernes Molekule, er samtidig bleven iltet fuldstændigt til Svovlsyre.

Hos Planterne, der som før nævnt i Regelen vokser og nydanner Organer, saa længe de lever, medgaar vel stadig en Del af deres Næring hertil, men ogsaa hos dem finder der altid et betydeligt Stoftab Sted, der endogsaa ofte — naar Ernæringsbetingelserne er ugunstige — langt kan overstige Stofgevinsten, uden at dette forøvrigt, som vi senere skal se, behøver at foraarsage en

[1]) Det menes forøvrigt, at denne fuldstændige Sønderdeling (som ved Uringæringen) ogsaa finder Sted i Organismen, men at den kulsure Ammoniak her igen opbygges (syntetiseres) til Urinstof (bl. a. i Leveren) og udskilles som saadant gennem Nyrerne. (Se senere under »Urinafsondring«.)

fuldstændig Standsning af Vækst- og Nydannelsesprocesserne. Og undersøger vi, hvad det er, Planterne taber af Stof, vil vi ogsaa her let foruden Vand finde Kulsyre, der ikke er identisk med den, der af de grønne Planter optages som Næringsstof, men som ogsaa her hidrører fra en Nedbrydning af væsentligst de samme organiske Stoffer som hos Dyrene. Derimod kan vi hos Planterne i Almindelighed ikke paavise noget Tab af Kvælstof eller Salte som hørende med til deres daglige Husholdning, saa der er altsaa paa dette Punkt en ret væsentlig Forskel i Stofskiftet mellem Dyr og Planter.

Det viser sig saaledes, at den Proces, hvorunder der frigøres Kulsyre, eller Aandedrættet, er fælles for Dyr og Planter, medens den regelmæssige Udsondring af Salte og kvælstofholdige organiske Forbindelser gennem Urin, Sved o. l. er karakteristisk alene for Dyrene [1]).

Men Hovedsagen er, at alt levende, der udfører en Livsvirksomhed, udskiller Stoffer, der fremstaar ved Nedbrydning af mere sammensatte organiske Stoffer, idet der herved frigøres Energi, der dels tjener som Drivkraft til Udførelsen af de paagældende Livsvirksomheder, hvorved den omsættes i andre Energiformer, dels omsættes til fri Varme, som ad forskellige Veje igen tabes til Omgivelserne.

Saaledes er da Energiproduktion paa det nøjeste knyttet til Stofnedbrydning eller Dissimilation (det modsatte af Assimilation), og de Stoffer, der har afgivet deres Energi under Nedbrydningen, bliver derefter udskilte af Organismen som unyttige Ekskreter, der som saadanne ikke længere kan gøre den nogen Tjeneste [2]) og ofte endogsaa virker som farlige Gifte, hvis de ophobes i for store Mængder i de levende Celler eller i Blodet.

Vi skal da se lidt nærmere paa de overordentlig vigtige Stofskifteprocesser, som er Hovedkilden til Organismernes Energiom

---

[1]) I de tidligere (S. 451) omtalte Sekreter, der udskilles af Planter, kan der vel findes baade Salte og kvælstofholdige organiske Forbindelser, men disse kan i Regelen ikke opfattes som unyttige Stofnedbrydningsprodukter.

[2]) Naar den Kulsyre, der udskilles ved Aandedrættet, igen kan tjene de grønne Planter som Næringsstof, er dette dog kun under ganske bestemte Betingelser, ved Tilstedeværelsen af Lys og Bladgrønt, hvorunder den kan reduceres og opbygges til organisk Stof. Men som saadan har Kulsyren ingen Næringsværdi for Cellerne i Almindelighed.

sætning, eller ved hvilke den Energi, der oprindelig stammer fra Sollyset, frigøres og bliver anvendelig for den almindelige Livsudfoldelse. Og idet vi begynder med den vigtigste af dem, Aandedrættet, knytter vi hertil Omtalen af nogle andre overordentlig interessante Processer, der for visse Organismer spiller samme Rolle som det normale Aandedræt i Almindelighed, nemlig Gæringerne.

Aandedræt eller Respiration. Man har fra gammel Tid vidst, at den Luft, et Dyr udaander, er forskellig fra den, det indaander, og da man havde lært at skelne mellem de forskellige Luftarter, opdagede man let, at Forskellen fremkommer derved, at en Del af den indaandede Lufts Ilt forsvinder, og der i Stedet udaandes en tilsvarende Mængde af Kulsyre. Den berømte franske Kemiker og Fysiolog LAVOISIER (se S. 13 Fig. 3), der saa indgaaende og mesterligt havde behandlet de almindelige Iltningsprocesser og specielt Forbrændingen af organiske Stoffer, inddrog ogsaa (i 1777) Aandedrættet blandt sine Undersøgelser og forklarede det som en simpel Forbrænding, under hvilken der i den levende Organisme produceres samme Mængde Kulsyre og Varme som ved Iltninger af tilsvarende Stoffer udenfor denne. Og da dette sidste har vist sig at være rigtigt, er det endnu almindeligt at definere Aandedrættet som en Forbrændingsproces. Men efter nyere Undersøgelser er denne Forklaring dog langt fra fyldestgørende. Ti selv om der maaske ofte i den levende Organisme foregaar en direkte Iltning af visse organiske Stoffer, synes Iltoptagelsen i andre Tilfælde dog snarere at være en Følge af end Aarsagen til den egentlige Aandedrætsvirksomhed eller Kulsyreproduktionen, der ogsaa ofte kan foregaa uden samtidig Iltoptagelse, og som rimeligvis er Enderesultatet af en lang Rkkke kemiske Omsætninger, der i sig selv ikke er Iltninger. Og i hvert Fald foregaar Aandedrættet jo altid ved meget lavere Temperaturer end dem, der kræves for at indlede en Forbrænding ved Hjælp af fri Ilt udenfor Organismen. Vi maa derfor betragte Kulsyreproduktionen som det væsentligste ved Aandedrættet, men da den sædvanlig er nøje knyttet til et Iltforbrug, taler vi i saa Tilfælde om det normale Aandedræt i Modsætning til det intramolekulære eller anaërobe Aandedræt, under hvilket der dannes Kulsyre og frigøres Energi uden Iltoptagelse. At der næppe er nogen Væsensforskel mellem disse to Virksomheder og de med dem beslægtede Gæringsprocesser, skal vi straks kome nærmere ind paa.

Imidlertid er Aandedrættet ikke en Livsvirksomhed, der er ejendommelig for Dyrene alene, men det foregaar ogsaa hos Planterne, ja i enhver levende Celle, fordi det som den væsentligste Kraftkilde til al anden Livsvirksomhed er et uundværligt Led i den Kæde af Stofomsætninger, der udgør de mest fundamentale Livsytringer, og da sideordnet med Stofoptagelsen (under Ernæringen). Ernæring og Aandedræt hører derfor altid sammen og betinger gensidigt hinanden.

Det normale Aandedræt, som vi her først skal behandle, er da heller ikke, som man maaske kunde formode, alene knyttet til særlige Aandedrætsorganer som Lunger, Gæller, Aanderør, »Aanderødder« og Luftkanalsystem hos Planter, pulserende Vakuoler (se S. 43 og Fig. 18) o. l., men selv hvor saadanne findes, foregaar Aandedrættet ogsaa i alle andre Organer og Væv, og de enkelte Celler kan tillige optage Ilt og afgive Kulsyre ad andre

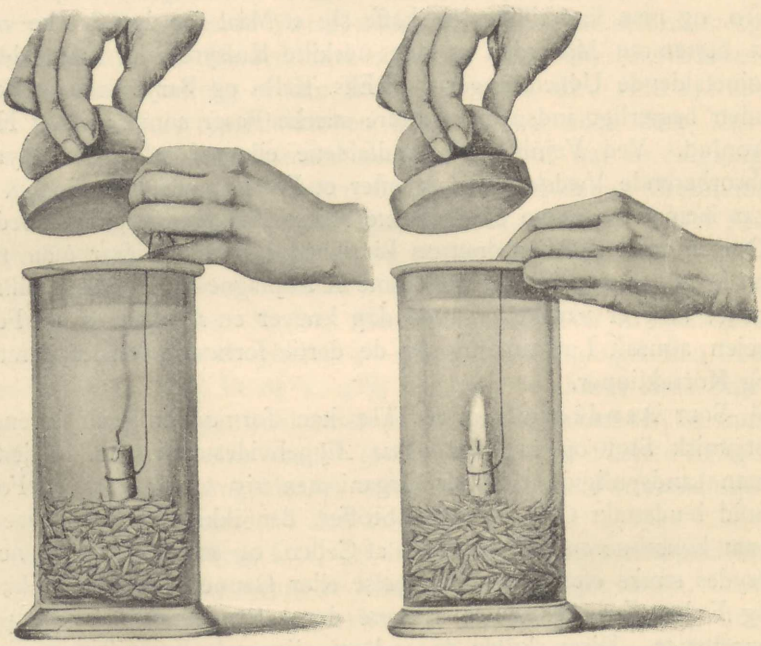


Fig. 125. Forsøg til Paavisning af Aandedrættet. I to lukkede Cylinderglas er anbragt udblødte levende Bygkorn (til venstre) og ved Kogning dræbte Korn (til højre). Efter et Døgns Henstand har de levende Korn opbrugt al Ilten i Glasset, saa et brændende Lys, der sænkes ned deri, straks slukkes, medens det brænder videre nogen Tid i Glasset med de dræbte Korn.

Veje, f. Eks. gennem Huden. Aandedrætsorganernes Opgave er nemlig hovedsageligt den at optage Ilten og udføre Kulsyren, d. v. s. lette Cellernes Udveksling af disse Luftarter. En vigtig Rolle i saa Henseende kommer derfor ogsaa hos Dyrene Blodet til at spille, idet dettes røde Farvestof, Hæmoglobinet, har en særlig Evne til at indgaa saadanne løse Forbindelser med Ilt og Kulsyre, at det under Blodets Passage gennem Aandedrætsorganerne optager store Mængder af Ilt, som det afleverer rundt omkring til Legemets andre Væv, medens det herfra medfører den ved Aandedrættet producerede Kulsyre, som udskilles af Organismen, naar det igen vender tilbage til Aandedrætsorganerne. Sandsynligvis medvirker saavel iltende Enzymer (Oksydaser, se S. 415) som kulsyreafspaltende Enzymer (Carbonaser, Zymaser o. l., se S. 472) ved Aandedrætsprocessen.

Det er let ved et simpelt Forsøg som det ved Fig. 125 illustrerede at paavise det normale Aandedræt f. Eks. hos spirende Frø, og man kan tillige let skaffe sig et Maal for dets Styrke ved at bestemme Mængden af den udskilte Kulsyre, der fremkalder iøjnefaldende Udfældninger i f. Eks. Kalk- og Barytvand og desuden begærligt indsuges af andre stærke Baser som Kali- og Natronlud. Ved Vejning af Bundfaldene eller af selve de kulyreabsorberende Vædsker før og efter et Forsøg, ved Titrering o. l. kan man da beregne eller direkte aflæse Kulsyremængden. Bedst Oplysning om Aandedrættets Livlighed og Forløb faar man naturligvis ved samtidig at bestemme den optagne Iltmængde, hvilket heller ikke er vanskeligt, men dog kræver en Analyse af et i Forvejen afmaalt Luftrumfang og de dertil fornødne Maaleapparater og Korrektioner.

Som Aandedrætsmateriale kan formodentlig alt levende organisk Stof og saaledes ogsaa Æggehvidestofferne o. l. tjene, men sandsynligvis benytter Organismen sig under normale Forhold i udstrakt Grad hertil af Stoffer, der ikke just er indgaaede som konstituerende Bestanddele af Cellen, og som derfor ofte nedbrydes straks efter deres Optagelse eller Dannelse, f. Eks. Sukker og Fedtstoffer, der synes at være deres Aandedrætsmateriale par excellence. Disse skulde da undergaa lignende Forandringer som ved en almindelig Forbrænding, idet deres Kulstof iltes til Kulsyre, deres Brint og Ilt udskilles som Vand, eventuelt efter en forudgaaende Iltning, naar der som i Fedtstofferne findes et Overskud af Brint. Undertiden anvendes mere iltrige Forbindelser som

organiske Syrer, der kræver et mindre Iltforbrug til fuldstændig Iltning. Alt efter Aandedrætsmaterialets kemiske Natur kan da Forholdet mellem Mængden af den udskilte Kulsyre og den optagne Ilt, $\frac{CO_2}{O_2}$ eller den saakaldte Aandedrætskvotient, blive forskellig, saaledes at den ved Omsætning hovedsageligt af Kulhydrater er meget nær = 1 (i Regelen lidt mindre, fordi ogsaa lidt af andre Stoffer omsættes), af Fedtstoffer kendeligt mindre og af organiske Syrer kendeligt større end 1. Men den kan forøvrigt ogsaa variere af andre Aarsager, f. Eks. med Organismens Alder og Udviklingstrin, efter Arten af de Opbygningsprocesser, der samtidig foregaar, o. s. v., hvilket bl. a. ogsaa viser os, at den optagne Ilt ikke udelukkende eller ganske simpelt anvendes til Forbrændingsprocesser.

Aandedrættets Livlighed kan paavirkes af en Række ydre Faktorer. Af de netop nævnte Grunde saaledes af Ernæringen, idet visse Næringsstoffer antages direkte at tjene som Aandedrætsmateriale. Et passende Vandindhold i Cellerne befordrer og er nødvendigt for Aandedrættet som for alle andre Livsvirksomheder. Men mærkelig er den Indflydelse, som den frie Ilt udøver. Hvor Kulsyreproduktionen ikke foregaar uden dens Nærværelse, fordi Iltmangel straks medfører Døden, har en Stigning af Iltkoncentratrationen i Luften fra et vist nødvendigt Minimum, og indtil der foreligger en ren Iltatmosfære, endog under et Par Atmosfærers Tryk eller mere, ingen synderligt befordrende Indflydelse paa Aandedrættet, saaledes som den f. Eks. har det paa Forbrændingsprocesserne. Medens Mennesket f. Eks. af Atmosfærens c. 21 % Ilt normalt benytter c. 4—5 %, saa Udaandingsluften kun indeholder c. 16 % Ilt og c. 4 % Kulsyre, forandres disse Størrelser ikke synderligt, hvad enten et Menneske indaander en Luft med kun 14 % Ilt eller ren Ilt (100 %); og med Planter forholder det sig paa samme Maade, medens de simple Forbrændinger bliver langt voldsommere i den rene Ilt.

Hos de varmblodede Dyr, der har konstant Legemstemperatur, vil Aandedrættet, der netop er Kilden til deres Egenvarme, blive intensivere under lav Temperatur i Omgivelserne og omvendt, idet disse Organismer ved et særligt Varmecentrum i Centralnervesystemet indenfor visse Temperaturgrænser kan regulere saavel Varmeproduktionen som Varmetabet til Omgivelserne. Men hos de koldblodede Dyr og Planterne er det saaledes, at Aandedrættet bliver yderst svagt eller gaar helt i Staa ved lave Tempe-

raturer — selv om Livet her ikke udslukkes —, medens det stiger efter en geometrisk Progression med Temperaturen, indtil det Punkt er naaet, da denne fremkalder Døden. (Se Temperaturkurverne Fig. 84, 3 og 4 S. 127, samt S. 128—131 og 133.)

Forskellige skadelige Paavirkninger gennem Saar og andre mekaniske Beskadigelser, ved Indførelsen af Gifte i Organismen f. Eks. af dem, der dannes af sygdomsvækkende Bakterier, Svampe og Protozoër o. s. v., kan der baade hos Dyr og Planter fremkaldes en stærk Forøgelse af Aandedrættet, ofte ledsaget af en kendelig Temperaturstigning, Feber (se S. 130 og 325), der er et af Organismens Midler til at bøde paa og modvirke det skadelige Indgreb.

Hos den enkelte Organisme bliver saaledes Aandedrættets Livlighed meget forskellig under forskellige ydre Forhold, under Hvile og Arbejde o. s. v., men det kan tillige variere hos forskellige Organer under samme ydre Kaar. De Organer der udfører det største Arbejde, f. Eks. Musklerne, eller i hvilke der foregaar Vækst, Nydannelser og anden intensiv Livsvirksomhed, som f. Eks. Forplantningsorganerne, kan have et langt kraftigere Aandedræt end andre. Og de forskellige Organismer er i saa Henseende lige saa forskellige. Indenfor samme Gruppe, som f. Eks. Pattedyrene, gælder det som en almindelig Regel, at de mindste, som jo frembyder den relativt største Overflade, — der hos dem, som ikke har særlige Aandedrætsorganer, i høj Grad letter Iltoptagelse og Kulsyreudskillelse, og som hos Landorganismen ogsaa foraarsager det største Varmetab — har det livligste Aandedræt pr. Kilo Legemsvægt. De fordrer da ogsaa forholdsvis meget mere Føde end de store — mange mikroskopiske Organismer f. Eks. flere Gange deres egen Legemsvægt i Døgnet — og i det hele taget har disse sidste (Bakterier, Svampe, Alger og Protozoër) et ganske særlig kraftigt Aandedræt (se S. 391). Men forøvrigt gør saa en Række andre Forhold sig gældende, som f. Eks. Dyrenes Livlighed, Planternes Væksthastighed, Tilpasning til Lys og Skygge o. s. v. Og man maa ikke tro, at Planterne i Overensstemmelse med deres ringe Bevægelighed, Mangelen af Blodomløb, af særlige Aandedrætsorganer, Muskler o. s. v. staar saa langt tilbage for Dyrene i saa Henseende. Tværtimod vil de ofte have et forholdsvis meget livligere Aandedræt end mange selvbevægelige koldblodede Dyr. Nogle Tal vil bedst give en Forestilling herom, og som Maal herfor er i nedenstaaende Tabel anført, hvor

megen Ilt der optages pr. Kilo Legemsvægt pr. Time under det normale Aandedræt hos forskellige Dyr og Planter, idet der for de sidstes Vedkommende tillige er angivet, ved hvilken Temperatur Forsøgene er anstillede:

Aandedrættets Styrke hos forskellige Organismer.

Dyr (i Hvile)	Optagen Ilt	Planter	Optagen Ilt
Grønfinke	9091 cc	Hørkimplanter (17°)	461 cc
Hund	911 -	Champignon (20°)	307 -
Høne	739 -	Hvede (12°-15°)	291 -
Insekter	480—811 -	Neriumblade i Mørke (20°)	177 -
Menneske	322—420 -	Bønnevikke, *Vicia Faba* (12°-15°)	96 -
Ko	328 -	Tulipan (12°-15°)	90 -
Forskellige Fisk	15—171 -	Hvid Lupin (12°-15°)	74 -
Frøer	44— 73 -	Bidende Stenurt (12°-15°)	72 -
Regnorme	71 -	Rødgran (12°-15°)	44 -
Murmeldyr i Vintersøvn	34 -	Kartofler i Hvile (20°)	7—11 -
Bløddyr	12— 44 -	Kaktus (12°-15°)	3 -

Havde de anførte Planter befundet sig ved Temperaturer, der laa lige saa højt som de varmblodede Dyrs Legemsvarme, vilde den optagne Iltmængde endda være bleven dobbelt saa stor eller mere, og havde man undersøgt deres enkelte Organers som f. Eks. Blomsternes Aandedræt, vilde man ogsaa have kunnet faa meget større Tal.

Som tidligere betonet tør vi i Kulsyreudskilningen og Iltoptagelsen kun se de rent ydre Tegn paa og ganske enkelte Sider af den komplicerede Aandedrætsvirksomhed. Endnu en Side af den, som er forholdsvis let at paavise, er desuden Varmeproduktionen, der ikke alene giver sig tilkende hos de varmblodede Dyr, hvis Egenvarme kan ligge saa betydeligt over Omgivelsernes Temperatur, men som ogsaa ofte faar de koldblodede Dyrs og Planternes Legemsvarme til at overstige denne. Og kun fordi de sidste har saa ringe eller slet ingen Midler til at regulere hverken deres Varmeproduktion eller deres Varmetab til Omgivelserne, antager de i Regelen Temperaturer, der ligger meget nær ved disses. Men har man med Organismer eller Organer med et særlig livligt Aandedræt at gøre, og er disse af en eller anden — maaske tilfældig — Aarsag beskyttede mod for stort Varmetab, eller man kunstigt tilvejebringer en Varmeisolation om dem, kan man dog

let faa Lejlighed til at konstatere en Varmeudvikling, der faar deres Temperatur til at stige adskillige Grader over Omgivelsernes. Dette kan f. Eks. blive Tilfældet, naar Slanger, som Snoge, klynger sig sammen i stort Antal, eller de i Rugetiden ruller deres lange Legeme op omkring Æggene; det kan iagttages i Bistader og Myretuer o. l. kunstige, vel isolerede Boliger, som koldblodede Dyr bygger sig, det er velkendt fra spirende Frø, der ophobes i Dynger under tilstrækkelig Adgang af Ilt, som ved Maltning af Byg, og det kan ofte iagttages i Blomsterstande, der er omgivne af et isolerende Højblad, som hos Callaer og andre til Arumfamilien hørende Planter.

Men hvad der ellers foregaar af Stof- og Energiomsætning under Aandedrættet, og ved hvilke Midler dette sker, er ikke saa let at klare. Et betydningsfuldt Indblik i de paagældende Stofomsætningers Natur og en dybere Forstaaelse af deres Aarsager har man imidlertid faaet gennem Studiet af

Det intramolekulære Aandedræt eller Aandingen uden fri Ilt. Efter at PASTEUR i 1861 havde gjort den mærkværdige Opdagelse, at der fandtes et levende Væsen, nemlig en Smørsyrebakterie, der til sin normale Livsførelse helt kunde undvære den frie Ilt, ja, for hvilken denne endogsaa var en farlig Gift, kunde han og andre snart efter vise, at flere Bakterier, de saakaldte obligate Anaërobionter (se S. 102), forholdt sig paa denne Maade, og at der desuden fandtes en stor Mængde andre Bakterier og lavtstaaende Svampe, der saavel kunde bruge som undvære den frie Ilt (fakultative Anaërobionter). Disse Opdagelser vakte en umaadelig Opsigt, fordi det hidtil havde gældt som en uomstødelig Læresætning indenfor Biologien, at al Livs normale Udfoldelse kræver fri Ilt som Drivkraft, uden hvilken der snart indtræder sygelige Tilstande og efterhaanden Døden. Men allermest Forundring vakte det, da den bekendte Dyrefysiolog E. PFLÜGER i 1875 meddelte, at ogsaa højere Dyr kunde leve anaërobt, uden fri Ilt, i nogen Tid, idet han ved Forsøg med Frøer havde faaet en saadan til at leve i en fuldkommen iltfri Atmosfære i ikke mindre end 25 Timer, af hvilke den i det mindste i de $11^1/_2$ Timer havde bevæget sig livligt omkring som ellers, medens den havde udskilt næsten ganske den samme Mængde Kulsyre som i iltholdig Luft. Det var da ham, der først benyttede Betegnelsen intramolekulært Aandedræt om dette Fænomen, der i den følgende Tid i særlig Grad vakte Plantefysiologernes Interesse,

fordi en Række højere Planter viste sig at forholde sig paa samme Maade som Frøerne. Man konstaterede nu endvidere hos Planterne det mærkværdige Faktum, at der under Fraværelse af fri Ilt foruden Kulsyre dannes betydelige Mængder af Alkohol paa Bekostning af Sukker, ganske som ved den af Gærsvampe fremkaldte Gæring, og allerede i 1878 opstillede da den fremragende Plantefysiolog W. PFEFFER den Teori, at det intramolekulære Aandedræt (Fraspaltningen af Kulsyre) altid gaar forud for og er Aarsagen til Iltindaandingen, hvorunder den først dannede Alkohol straks iltes videre til Kulsyre og Vand. Kulsyreudviklingen og Iltoptagelsen skulde da være to af hinanden uafhængige Processer og kun uløseligt knyttede til hinanden der, hvor en Ophobning af Kulsyre virker som en dræbende Gift, f. Eks. hos de varmblodede Dyr, hvor de Nerver, der dirigerer Hjertets Bevægelser og Blodomløbet, saa hurtigt lammes af den.

Ved et nærmere Studium af det intramolekulære Aandedræt hos Planterne er man saa endvidere kommen til det Resultat, at det i Virkeligheden er identisk med den alkoholiske Gæring og kan iværksættes ved de samme Midler (Enzymer) som denne. Dette er bl. a. vist af GODLEWSKI og POLZENIUSZ (i 1901) ved Forsøg med spirende Ærter, der afspærrede fra fri Ilt ikke alene kunde omdanne deres egen Beholdning af Kulhydrater til Alkohol og Kulsyre i ganske samme Forhold som ved Alkoholgæringen, men ogsaa kunde forgære udefra optagen Rørsukker og Druesukker paa samme Maade. Dernæst er det af PALLADIN og KOSTYTSCHEW (i 1906–08) vist, at det intramolekulære Aandedræt ogsaa kan foregaa i dræbte Plantedele (Ærter og Hvedekimplanter), hvor det da maa skyldes Enzymer, ligesom naar dræbte Gærceller er i Stand til at fremkalde Alkoholgæring. Og endelig er saadanne Enzymer, identiske med dem, der findes hos Gærsvampe (Zymase o. a.), paavist i en Række højere Planter (søde Frugter, spirende Frø, Sukkerroer, Kartofler, Blade o. l.) af EFFRONT, STOKLASA m. fl., ja denne sidste har endog paastaaet at have fundet dem i flere dyriske Organer (Bugspytkirtel, Lever m. fl.), hvilket sidste dog vist endnu ikke kan siges at være bevist, om der end næppe er Grund til helt at afvise en saadan Mulighed.

Og naar man nu ved, at der ved Spaltningen af Sukker til Alkohol og Kulsyre frigøres betydelige Mængder af Energi, er der i sig selv ikke noget mærkeligt i, at denne Proces direkte kan

tjene til Udførelse af fysiologisk Arbejde og Produktion af fri Varme i den levende Organisme, saa at den endog for visse Organismer, de obligat anaërobe Bakterier, er tilstrækkelig til hele deres Livsførelse, medens de andre, de aërobe, som i Længden eller blot for ganske kort Tid ikke kan undvære den frie Ilt, enten ikke kan nøjes dermed, men tillige kræver den Energi, der bliver fri ved Alkoholens Iltning til Kulsyre og Vand, eller ikke kan taale den Ophobning af Kulsyre i Vævene, som en Standsning i Ilttilførselen medfører, og Ilten sandsynligvis ogsaa har Betydning i anden Henseende, f. Eks. ved Dannelsen af forskellige Stofskifteprodukter, som Organismen ikke kan undvære.

I Overensstemmelse hermed er det da særlig de Planter og Plantedele, der som Reservenæring fører Sukker eller andre Kulhydrater, der let kan omdannes dertil, som bedst kan undvære den frie Ilt i nogen Tid og klare sig ved intramolekulært Aande. dræt. Kimplanter af Frø, der i Stedet for Kulhydrater fører Fedt som Reservenæring, kræver derimod Ilttilførsel til en fortsat Udskillelse af Kulsyre, og rimeligvis fordi Ilt er nødvendig for at omdanne Fedtstof til saadanne Forbindelser (Sukker), der kan gaa i alkoholisk Gæring. Hvorvidt Organismer kan aande intramolekulært paa Bekostning af Æggehvidestoffer, staar endnu uafgjort hen. I det føromtalte Forsøg af PFLÜGER med en Frø kan Kulsyreudskilningen maaske være sket paa Bekostning af Dyrets Glykogenbeholdning i Lever og Muskler, men da der ved Nedbrydning af Æggehvidestoffer kan fraspaltes Kulhydratmolekuler, er det ikke usandsynligt, at en saadan Proces ogsaa muliggør et intramolekulært Aandedræt for nogen Tid.

Hvis da et intramolekulært Aandedræt med Fraspaltning af Kulsyre ogsaa kan finde Sted, hvor der er fri Ilt tilstede, og det maaske i mange Tilfælde er en Betingelse for det normale Aandedræt, for Iltens Anvendelse, saaledes som jo bl. a. PFEFFER opfatter det, bliver den gængse Opfattelse af Aandedrættet som en Forbrændingsproces væsentligt modificeret, selv om Overensstemmelsen i Energiproduktionen vedbliver at bestaa, og direkte Iltningsprocesser fremdeles maa antages at spille en overordenlig vigtig Rolle ved Aandedrættet. Under den intramolekulære Spaltning af Aandedrætsmaterialet opstaar jo bl. a. saadanne reducerede og let iltelige Forbindelser som Alkohol, der først ved andre særlige Aandedrætsenzymer, Oksydaser, ved lav Temperatur kan iltes fuldstændigt til Kulsyre og Vand.

Paa en ret overraskende Maade er der altsaa gennem den alkoholiske Gæring kastet Lys over Aandedrætsvirksomheden, og da det muligvis bliver ad den Vej, at ogsaa en dybere Forstaaelse heraf end vor nuværende skal vindes, er der al Anledning til nu at standse lidt ved de Gæringer, der hidtil ogsaa af andre Grunde har været Genstand for Kemikernes og Fysiologernes levende Interesse, foruden at de jo har spillet den største Rolle i det praktiske Liv.

Gæringer. Oprindelig forstod man ved Gæring visse kemiske Processer, der finder Sted under Luftudvikling, som f. Eks. den alkoholiske Gæring, hvor jo et af Hovedprodukterne er Kulsyre, der som smaa Luftblærer bobler op af den gærende Væske. Da dette Fænomen minder noget om en Kogning, blev det i den gamle, latinske Litteratur betegnet ved Ordet *fermentatio*, der er afledet af Verbet *fervere*, som betyder at syde eller koge. Efterat man saa opdagede, at denne Gæring skyldes et lille levende Væsen, Gærsvampen, og at der findes andre smaa Væsener, bl. a. forskellige Bakterier, som hver især fremkalder lignende Omdannelser af organiske Stoffer som Gærsvampen, naar den spalter Sukker til Alkohol og Kulsyre, laa det nær at gøre Aarsagen, det lille levende Væsen, Mikroben, til det fælles Kendemærke for de Processer, man kaldte Gæringer, selv om der ved disse ikke altid finder den Luftudvikling Sted, som først havde affødt Betegnelsen. Imidlertid fandt man Processer, der i deres kemiske Forløb og i deres Afhængighed af ydre Faktorer ligner Gæringerne, men som kan fremkaldes af Stoffer, Enzymer, der ikke har den levende Celles Evne til at formere sig eller forøge deres Masse, og dem kaldte man saa »uægte« Gæringer i Modsætning til de andre, de »ægte«. Men da man saa endelig fandt, at visse ægte Gæringer, som den alkoholiske eller Mælkesyregæringen, ogsaa kan fremkaldes af Enzymer, der blev udpressede af Gærsvampe eller Bakterier, eller at endog døde Gærceller, som før nævnt, kan fremkalde den livligste Alkoholgæring i en Sukkeropløsning, kunde Adskillelsen mellem ægte og uægte Gæringer ikke længere opretholdes, og Begrebet Gæringsorganismer heller ikke indskrænkes til alene at omfatte smaa encellede Væsener, da ogsaa alle andre højere Planter og Dyr indeholder Enzymer af forskellig Slags og f. Eks. endogsaa hyppigt saadanne, der fremkalder en »ægte« Gæring som den alkoholiske (se S. 467).

Saaledes har da Begrebet Gæring skiftet Betydning og er bleven

langt mere omfattende end oprindeligt, idet det nu paa det nærmeste falder sammen med Enzymvirkninger[1]) (se S. 412), og alle levende Væsener egentlig er Gæringsorganismer. Og hvor forskelligartede de paagældende kemiske Processer end i Enkelthederne er, kan de dog efter deres Natur indordnes under de 3 S. 414—15 nævnte Hovedgrupper: Hydrolyser, dybere gaaende intramolekulære Spaltninger og Iltninger, af hvilke det særlig er de to sidste, der har Interesse i denne Sammenhæng til Belysning af Aandedrætsprocessen og som Virksomheder, hvorved der produceres betydelige Mængder af Energi under Nedbrydning af Stof.

Medens Varmetoningen ved Hydrolyserne er ubetydelig, og det endog er omstridt, hvorvidt disse i alle Tilfælde er eksothermiske ɔ: forbundne med en Varmefrigørelse, hvilket de dog à priori maa antages at være, giver Varmefrigørelsen ved saadanne Gæringer som den alkoholiske sig tydeligt til Kende ved en betydelig Temperaturstigning i den gærende Væske; og utvivlsomt vilde den gøre dette i endnu højere Grad ved Iltningsgæringerne, hvis den frigjorte Varme ikke her straks blev ledet bort eller tabtes paa anden Maade.

Til Sammenligning anføres i nedenstaaende Tabel nogle Tal for Varmeproduktionen ved forskellige Gæringer og Forbrændingsprocesser, af hvilke de sidste for saa vidt ogsaa maa antages at være Gæringer, som der kun medtages saadanne, der kan forløbe i den levende Organisme ved lav Temperatur. Men medens nogle af Tallene som f. Eks. de, der angaar Hydrolyserne, den alkoholiske Gæring[2]) og Kulhydraternes fuldstændige Forbrænding i Organismen, er fundne ved direkte kalorimetriske Maalinger af Brown & Pickering, Rubner o. a., er de øvrige Tal (for en væsentlig Del efter Orla Jensen) beregnede af Differenser mellem Udgangsmaterialets og de dannede Produkters Forbrændingsvarme:

---

[1]) Vel har man endnu ikke paavist bestemte Enzymer som Aarsag til alle de Processer, man kalder Gæringer, men man antager dog, at de altid er det Middel, ved Hjælp af hvilket Gæringer fremkaldes, ligesom man gaar ud fra, at smitsomme Sygdomme altid skyldes smaa levende Væsener, selv hvor man endnu ikke kender disse.

[2]) For den alkoholiske Gæring fandt Rubner ved direkte kalorimetriske Maalinger et Tal (0,19), der er noget mindre end det teoretisk beregnede (0,28).

				Frigjorte Kilogr.-Kalorier [1]	
			Hydrolyser		
1 Gr.	Stivelse	hydrolysereret	til Maltose	0,0026	
1 »	Rørsukker	—	- Invertsukker	0,0112	
			Intramolekulære Spaltninger		
1 Gr.	Druesukker	spaltet	til Mælkesyre	0,19	
1 »	—	—	Alkohol og Kulsyre	0,19	(0,28)
1 »	—	—	Smørsyre, Propionsyre, Myresyre, Kulsyre og Brint	0,28	
			Iltninger		
1 Gr.	kulsur Ammoniak	iltet	til Salpetersyrling, Kulsyre og Vand	1,54	
1 »	Alkokol	—	Eddikesyre og Vand	2,50	
1 »	—	—	Kulsyre og Vand	7,10	
1 »	Druesukker	—	Kulsyre og Vand	4,07	
1 »	Kulilte	—	Kulsyre	2,79	
1 »	Methan	—	Kulsyre og Vand	13,75	
1 »	Brint	—	Vand	34,50	

Før vi gaar over til nærmere at diskutere Betydningen af disse Tal, skal der gives nogle Oplysninger om enkelte af de nævnte Processer, der hører til dem, man længe har regnet til de typiske Gæringer.

Mælkesyregæring kan fremkaldes af et stort Antal forskellige Bakterier og foregaar ogsaa i den dyriske Organisme bl. a. i Muskelvævene, sandsynligvis under Medvirkning af et Enzym, der her omdanner Druesukker til den saakaldte Kødmælkesyre (højredrejende Mælkesyre); ti af Mælkesyrebakterier har man fremstillet et tilsvarende Enzym. Ved den naturlige Mælkesyregæring, der gerne er Resultatet af mange forskellige Bakteriers Samvirken, dannes som oftest en optisk inaktiv Mælkesyre eller Gæringsmælkesyren (der slet ikke paavirker det polariserede Lys), men de fleste Bakterier danner dog i Renkultur højredrejende, enkelte venstredrejende Mælkesyre; undertiden dannes begge Former.

Bedst kendt er Mælkesyregæringen fra Mælk, der bliver sur, idet forskellige i Naturen almindeligt forekommende Bakterier omdanner Mælkesukkeret (Laktose) først til Galaktose (en Druesukkerart) og dernæst til Mælkesyre. Men mange andre Stoffer

---

[1]) Ved en Kilogram-Kalorie forstaaes den Mængde Varme, der skal til for at opvarme et Kilogram Vand 1°, f, Eks. fra 0—1°, fra 10—11° o. s. v.

kan direkte eller indirekte gaa i Mælkesyregæring, saaledes f. Eks. Druesukker, af hvilket 1 Molekule ($C_6 H_{12} O_6$) antages ved simpel Spaltning at give 2 Molkuler Mælkesyre (2 $C_3 H_6 O_3$). Desuden opstaar Mælkesyre ofte som Biprodukt ved andre Gæringsprocesser.

Det er hovedsageligt Mælkesyrebakterier, der er virksomme under de faste Ostes Modning, og det er dem, der faar Grøntsager og friskt bjerget Græs til at gære (Ensilage). De spiller en vigtig Rolle i Brændevinsbrænderierne, ved Brødets Gæring o. s. v., men først og fremmest har de hos os Betydning ved Smørfabrikationen, hvor de under Flødens Syrning tildels som Biprodukter danner Stoffer, der bibringer Smørret en særlig Aroma, og selve Mælkesyren desuden forøger dets Holdbarhed.

Mælkesyrebakterierne synes som Regel helt at kunne undvære fri Ilt, d. v. s. at kunne leve anaërobt, og i saa Tilfælde skaffer de sig da den Energi, der er nødvendig for deres Livsvirksomhed, netop fra Spaltningen af Sukker o. a., der som nævnt i Tabellen S. 471 hidfører en kendelig Varmefrigørelse. Men Gæringen kan dog ogsaa forløbe under Tilstedeværelsen af fri Ilt, uden at denne synes at gribe ind i Processen.

Den alkoholiske Gæring bestaar altid i en Spaltning af Druesukker eller andre Monosaccharider til Alkohol og Kulsyre samt mindre Mængder af nogle Biprodukter, og den kan fremkaldes foruden af de egentlige Gærsvampe af visse Skimmelsvampe (Mucorarter) og som nævnt S. 467 af en stor Del højere sukkerholdige Planter eller Planteorganer, naar disse udelukkes fra den frie Ilt. Man ved nu, at ogsaa denne Gæring iværksættes ved Hjælp af Enzymer, som lader sig isolere fra de paagældende Gæringsorganismer. Naar Rørsukker og andre Kulhydrater end Monosaccharider, som Druesukker, ogsaa ofte synes at kunne gaa i alkoholisk Gæring, beror dette paa, at de først af særlige Enzymer (Invertase, Maltase o. l.), som f. Eks. de fleste Gærsvampe fører, omdannes til Monosaccharider. Men selve Spaltningen af disse udføres af i det mindste to forskellige Enzymer, af hvilke et, Zymasen, først danner enten Mælkesyre eller (ifl. Boysen-Jensen) Dioxyacetone (herom er Meningerne foreløbig delte), og disse Stoffer da af enten Lactacidase eller Dioxyacetonase nedbrydes videre til Alkohol og Kulsyre, men dette saa hurtigt, at det i Almindelighed er vanskeligt at paavise Mellemprodukterne.

Som almindelig bekendt udnyttes den alkoholiske Gæring paa

mangfoldige Maader i det praktiske Liv til Fremstilling af en Række gærede Drikke (Øl, Vin, Brændevin o. s. v.) og til Fremstilling af ren Alkohol, der finder en saa udbredt Anvendelse i Tekniken. Ogsaa Brødets Gæring er for en meget væsentlig Del alkoholisk, og som det tidligere er omtalt (S. 467) synes jo selve Aandedrættet (i hvert Fald hos Planterne) paa det nøjeste at være forbunden med Dannelsen af Alkohol og Kulsyre, i hvert Fald hvor det foregaar uden fri Ilts Nærværelse, intramolekulært.

Og selve Gærsvampenes Forhold til deres Gæringsmateriale, Druesukkeret, afspejler de forskellige Faser af Aandedrættet. Disse i saa mange Henseender interessante Organismer kan nemlig nedbryde en Del af Sukkeret fuldstændigt til Kulsyre og Vand, naar der er fri Ilt tilstede, som ved det normale Aandedræt. Denne optager de i saa Fald med stor Begærlighed, men de kan dog samtidig udføre den egentlige Gæringsproces med usvækket Styrke og omdanne den allerstørste Del af Sukkeret kun til Alkohol og Kulsyre, uden at Ilten direkte udnyttes ved denne Proces. Og endelig kan de helt undvære den frie Ilt og da alene danne Alkohol og Kulsyre som ved det intramolekulære Aandedræt. (En forholdsvis ringe Del af Sukkeret anvender de i alle Tilfælde som Bygningsmateriale ved Vækst og Celleformering.)

En Del andre Gæringer, der fører til Dannelsen af større eller mindre Mængder Smørsyre samt Kulsyre og Brint og forskellige Biprodukter, som Propionsyre, Eddikesyre, Myresyre, Butylalkohol m. m., er derimod karakteristiske ved, at de kun forløber uden fri Ilts Medvirkning eller udelukkende anaërobt. Talrige Bakterier, paa hvilke den frie Ilt virker som Gift, kan fremkalde saadanne Gæringer, der spiller en stor Rolle i Naturen, f. Eks. ved Bortgæren af organiske Stoffer under Vand (Sumpgas- og Brintgæring), som Led i Forraadnelsesprocesser af mer eller mindre kompakte Legemer, i hvis Indre Ilten ikke kan trænge, og de finder ogsaa praktisk Anvendelse f. Eks. ved Rensning af Kloakvand i saakaldte »septic tanks«, ved visse Ostesorters Modning m. m. For de Organismer, der fremkalder dem, repræsenterer de da den eneste Energikilde, men som vi ser af Tabellen S. 471, er denne, f. Eks. hvor det drejer sig om Spaltning af Druesukker, jo i det mindste ogsaa lige saa rigelig som ved den alkoholiske Gæring, og den betydelige Temperaturstigning, der kan paavises f. Eks. i »septic tanks«, belærer ogsaa umiddelbart herom.

De nævnte Iltningsprocesser hører ogsaa alle til saadanne,

der iværksættes af levende Organismer og specielt af Mikrober, hvorfor de da endogsaa kan henregnes til dem, man tidligere vilde kalde ægte Gæringer.

Den kulsure Ammoniak, der dannes under Æggehvidestoffernes eller Urinstoffets Gæringer i Naturen, bliver her under passende ydre Betingelser hurtigt iltet til Salpetersyrling og Salpetersyre (den saakaldte Nitrifikation) bl. a. af en Gruppe Bakterier, som man kalder Salpeter- eller Nitrifikationsbakterierne (opdagede af Russeren WINOGRADSKY i 1889 og 90), og som er almindeligt udbredte i Jordbunden, hvor de spiller den største Rolle ved at besørge en vigtig Del af det Kredsløb, Plantenæringsstofferne gennemløber (se S. 95). Deres Tilstedeværelse er da ogsaa altid Tegn paa en sund og frugtbar Jordbund. Disse Bakterier er meget interessante, fordi de kan leve udelukkende af uorganiske Stoffer, autotroft, og assimilere Kulsyre, skønt de ikke er i Besiddelse af Bladgrønt og hertil heller ikke som de grønne Planter udnytter Lysenergien (se S. 423 og 443). Men de benytter den kemiske Energi, der frigøres ved Ammoniakens Iltning, til denne Opbygningsproces (ved saakaldet kemosyntetisk Kulsyreassimilation) og danner saaledes selv deres organiske Stoffer. — Imidlertid er det jo ogsaa, som Tabellen viser, meget betydelige Energimængder, der frigøres ved denne Iltning.

Iltningen af Alkohol til Eddikesyre er fra gammel Tid anvendt i Eddikefabrikationen, og allerede i 1837 paaviste den tyske Botaniker FR. KÜTZING, at den saakaldte »Eddikemoder« bestaar af smaa levende Celler, som han formodede ogsaa var Aarsag i Eddikesyregæringen, omend dette først blev afgørende bevist af PASTEUR (i 1864), der beskrev de paagældende Organismer som Bakterier. Af saadanne kendes nu flere forskellige Arter, der i Regelen ilter Alkoholen i 2 Sæt, først til Acetaldehyd og dernæst til Eddikesyre. Og disse Processer forløber meget hurtigt, saa der i kort Tid dannes meget store Mængder af Eddikesyre. Men der findes saa endelig andre, der kan ilte denne videre til Kulsyre og Vand, eller som ilter selve Alkoholen fuldstændigt. Den betydelige Energiproduktion, som følger af disse Iltninger, kommer naturligvis ogsaa Bakterierne til Gode, men der synes dog her at finde en Luksusproduktion af Energi Sted, da det ikke er umiddelbart indlysende og heller ikke nærmere bekendt, hvortil saa store Energimængder bliver anvendte.

Bedre forstaar vi derimod Energiens Anvendelse ved nogle

mærkelige Gæringer, der er opdagede i den seneste Tid, og som foraarsages af Bakterier, der lever i Jordbunden. Saaledes skal en Bakterie, der oprindeligt af BEYERINCK og VAN DELDEN (i 1903) blev beskrevet under Navnet *Bacillus obligocarbophilus* (efter KASERER) kunne ilte Kulilte til Kulsyre, og da assimilere denne ved Hjælp af den Energi, der frigøres ved Iltningsprocessen (kemosyntetisk). En anden Bakterie, der af SÖHNGEN (i 1906) blev opdaget og beskreven under Navnet *Bacillus methanicus*, skal kunne ilte Methan (CH_4) til Kulsyre og Vand og paa samme Maade kunne assimilere den dannede Kulsyre. Og endelig skulde en tredje, som KASERER i 1906 har opdaget og beskrevet undet Navnet *Bacillus pantotrophus*, endog kunne assimilere Kulsyre ved den Energi, den vinder, naar den blot ilter Brint til Vand. Alle disse Bakterier kan saaledes leve autotroft, af rent uorganisk Næring, idet de udnytter Energikilder, der vel ikke flyder saa almindeligt ude i Naturen, men som til Gengæld giver relativt store Mængder af Energi, hvor de forefindes.

Til Sammenligning med de Energimængder, der vindes ved ovennævnte Gæringer, tjener da, at Kulhydrater, f. Eks. Druesukker, ved deres fuldstændige Forbrænding til Kulsyre og Vand, saaledes som de bl. a. nedbrydes ved Respirationsprocessen i den levende Organisme, giver 4,1 Kilogram-Kalorier pr. Gram Substans.

Vi har da i de omtalte Gæringsorganismer saadanne levende Væsener for os, der ved første Øjekast synes at udnytte helt andre Energikilder end Organismerne i Almindelighed, for hvilke det normale Aandedræt ofte er den eneste. Men ved nærmere Betragtning har det saa vist sig, at der dog ikke er nogen Væsensforskel mellem de intramolekulære Spaltninger af organiske Stoffer, der kendetegner en Række Gæringer, og de Omsætninger af ganske lignende Materiale, der finder Sted under det intramolekulære Aandedræt, eller som gaar forud for eller kan forløbe jævnsides med Iltningen ved det normale Aandedræt. Og blandt Iltningsgæringerne har vi saa tillige lært nogle at kende, under hvilke helt andre, nemlig uorganiske, Stoffer tjener som energiproducerende Materiale.

Der viser sig altsaa at være langt større Overensstemmelse i den Maade, paa hvilken de forskelligste Organismer skaffer sig Energi, end man oprindelig kunde se, og atter springer da den store Sammenhæng og den lovmæssige Ordning i alle Organismers Livsførelse i Øjnene.

Ser vi dernæst paa Tallene for de Energimængder (Kalorier, se S. 471), som frigøres ved Nedbrydningen eller Iltningen af de forskellige Stoffer, der tjener som Energikilder i den levende Natur, saa ophæves ogsaa her en tilsyneladende Forskel med Hensyn til det absolute Energibehov, naar vi finder, at de Organismer, der vinder Energi ved Omsætning af Forbindelser, som giver en forholdsvis ringe Mængde heraf, til Gengæld omsætter saa langt større Mængder af disse Stoffer. Det er netop et af de mest karakteristiske Træk ved Gæringsprocesserne, at de er forbundne med en saa overordentlig stor Stofomsætning i Forhold til Massen af de Organismer eller Enzymer, der fremkalder dem. Bortset fra, at en Organisme i Almindelighed har des mere omfattende Stofskifte, jo mindre den er (se S. 391), omsætter de typiske Gæringsorganismer ganske særlig store Mængder af det Materiale, der tjener dem som Energikilde, Gærsvampe og mange Bakterier saaledes flere tusinde Gange Vægten af deres egen Masse, medens mange store Dyr og Planter jo kun omsætter en lille Brøkdel af deres Legemsvægt pr. Døgn. Men ved Spaltningen af Sukker til Alkohol og Kulsyre vindes jo ogsaa kun c. $^1/_{20}$ af den Energimængde, der frigøres ved Sukkerets fuldstændige Forbrænding til Kulsyre og Vand, og ved Gæringerne gaar desuden en forholdsvis stor Mængde Energi tabt, dels som fri Varme, dels under Dannelsen af luftformige Gæringsprodukter som Kulsyre, Brint, Methan o. l. Naar Energiproduktionen pr. Gram Gæringsmateriale ved Iltningsgæringerne er forholdsvis saa meget større end ved Spaltningsgæringerne, staar dette i Forhold dels til en ringere (langsommere) Omsætning, som ved Nitrifikationen og Iltningen af uorganiske Stoffer i det hele taget. Mest iøjnefaldende er maaske denne Tilbøjelighed hos Organismerne til at regulere deres Energiproduktion, hvor de baade kan skaffe sig denne ved Iltninger og ved Spaltninger. Gaar f. Eks. en Plante over fra normalt til intramolekulært Aandedræt, producerer den ofte den samme Mængde Kulsyre. Men i første Tilfælde hidrører al Kulsyren fra en fuldstændig Forbrænding af Kulhydrater, medens i sidste Tilfælde Halvdelen af disse kun bliver spaltede ned til Alkohol. Og i Forhold hertil stiger da ogsaa Forbruget af Aandedrætsmateriale, for at der saa vidt muligt kan frigøres de samme Energimængder.

At Stofnedbrydningen ved Gæringerne i første Række tjener til Energiproduktion, er udenfor al Tvivl, ti Gæringsprodukterne udskilles jo for allerstørste Delen som ubenyttede og i flere Til-

fælde skadelige Ekskreter. Men naar en Del af Gæringsmaterialet dog anvendes i Bygningsstofskiftet til Nydannelse af Cellebestanddele, sker dette dog muligvis nok undertiden først, efter at det ved Gæringen er nedbrudt til simplere organiske Molekuler.

Studiet af Gæringerne og andre mikrobielle Stofomsætninger giver os saaledes ikke blot Nøglen til en dybere Forstaaelse af Processer som Aandedræt og Energiproduktion i Almindelighed, men forklarer os samtidig overordentlig vigtige Sider af Mikrobernes Rolle i Naturen, hvor de ved deres Evne til saa hurtigt at nedbryde store Mængder af organiske Stoffer til uorganiske Forbindelser holder de sparsomt tilmaalte Næringsstoffers Kredsløb vedlige og saaledes muliggør Livets stadige Fornyelse (se S. 90—96).

Urinafsondring. Den dyriske Organisme udskiller som nævnt bestandig en Del Kvælstof i Form af Urinstof, Urinsyre, Hippursyre o. l. samt forskellige Salte, og disse Stoffer udsondres hos de højere Dyr gennem særlige Kirtler som Nyrerne og Svedkirtlerne, af hvilke de første besørger langt den største Del heraf udskilt i Form af Urin. Denne er hos Pattedyrene en stærkt vandholdig Væske, hos Fugle og Krybdyr nærmest fast. Urinens Sammensætning er ret vekslende, f. Eks. efter Dyrearten, men endnu mere efter Næringen, da f. Eks. Urinstoffets Mængde væsentligst afhænger af den indtagne Mængde Æggehvidestof, og det for de andre Stoffers Vedkommende ogsaa for en meget stor Del kommer an paa, af hvilken Art Føden har været. Kødæderes Urin kan saaledes i høj Grad nærme sig til Planteædernes, hvis de kun faar Planteføde, og omvendt. Og Urinens Koncentration af faste Stoffer eller dens Vandindhold veksler efter, hvor meget Vand der drikkes eller indtages med Føden, hvor stærk den samtidige Transpiration er, om der indtages særlige urindrivende Stoffer o. s. v. Som Eksempel paa Urinens Sammensætning hidsættes omstaaende Analyser[1]) (efter Bunge) af den daglige Urinmængde.

De forskellige Bestanddele menes at have følgende Oprindelse. Urinstoffet hidrører fra Nedbrydningen af almindelige Æggehvidestoffer, hvis Kvælstofindhold dog antages at blive nedbrudt til kulsur Ammoniak, som imidlertid straks omkring i Vævene ved en Syntese oparbejdes til Urinstof. Denne Proces foregaar særlig

[1]) Disse Analyser er dog ikke fuldstændige; f. Eks. mangler de en Angivelse for Mængden af Ammoniak o. a. Stoffer, som nedenfor vil blive nævnte.

Menneskeurin	Under Kødnæring	Under Plantenæring
Mængde	1672 cc	1920 cc
Urinstof	67,2 gr	20,6 gr
Urinsyre	1,4 »	0,25 »
Kreatinin	2,16 »	0,96 »
Kali	3,31 »	1,31 »
Natron	3,99 »	3,92 »
Kalk	0,33 »	0,34 »
Magnesia	0,29 «	0,14 »
Klor	3,82 »	5,00 »
Svovlsyre (SO_3)	4,67 »	1,27 »
Fosforsyre (P_2O_5)	3,44 »	1,66 »

livligt i Leveren, som ogsaa vides at kunne oparbejde udefra tilført kulsur Ammoniak til Urinstof, der da føres med Blodet til Nyrerne og udskilles her. Ved blandet Kost udskiller Mennesket gennemsnitligt c. 30—35 gr Urinstof pr. Døgn. Urinsyren og nogle andre kvælstofholdige Forbindelser som Guanin, Xanthin, Urinsyre o. fl., der tilsammen benævnes Purinstoffer, skal hidrøre fra Nedbrydningen af fosforholdige Æggehvidestoffer, de saakaldte Nukleïner, der udgør en vigtig Bestanddel af Cellekerner. Urinsyren kan forøvrigt ogsaa i Leveren omdannes til Urinstof, og man har ment, at naar denne Omdannelse ikke sker i tilstrækkeligt Omfang, vilde de tungt opløselige urinsure Salte aflejre sig i Led og Muskler og fremkalde Gigt. Men denne synes dog ikke at være nogen fyldestgørende Forklaring paa Ophobning af Urinsyren (den saakaldte urinsure Diatese). Under normale Forhold udskiller Mennesket c. 0,75—1,0 gr Urinsyre pr. Døgn. Kreatininets Oprindelse er endnu omtvistet og antages bl. a. ikke at hidrøre fra det beslægtede Stof Kreatin, der dannes i Musklerne[1]). Af Ammoniakkvælstof, bunden til Syrer som Svovlsyre, Fosforsyre og Saltsyre, udskilles desuden c. 0,6—1,0 gr pr. Døgn. De forskellige Metaller og Metalloider udskilles dels i organiske, dels i uorganiske Forbindelser, mest dog i de sidste. Det Svovl og Fosfor, der findes i Æggehvidestofferne, forbrænder i Organismen

[1]) I Planteædernes Urin findes store Mængder af Hippursyre, der kan dannes af Glykokoll (som er en Bestanddel af visse galdesure Salte) og Benzoësyre, der forekommer almindeligt i Plantenæring.

fuldstændig til Svovlsyre og Fosforsyre, og Størstedelen af disse udskilles som Alkalisalte. Men en Del af den Svovlsyre, der stammer fra Æggehvidestofferne, forener sig dog med forskellige giftige Forraadnelsesprodukter, der optages fra Tarmen, som Fenol, Kresol, Indol og Skatol, og gør da disse Stoffer mere uskadelige for Organismen. En Del svovl- og fosforsure Salte passerer endelig uforandrede fra Føden gennem Organismen over i Urinen. Af uorganiske Forbindelser udgør ellers Klornatrium altid den største Del. Sædvanlig udskiller et Menneske heraf 10—15 Gram pr. Døgn, alt efter Fødens Indhold af dette Stof. Den Farve, Urinen har, skyldes et særligt Farvestof, Urobilin, der synes at være et Nedbrydningsprodukt af Blodets røde Farvestof, men tillige at være beslægtet med Galdefarvestoffet Bilirubin.

I ganske smaa Mængder forekommer der normalt desuden et stort Antal af andre Stoffer i Urinen, f. Eks. forskellige fede Syrer, Oksalsyre, Ravsyre, Alkohol, forskellige Enzymer, Giftstoffer og andre Forbindelser, som Organismen ad denne Vej skiller sig af med. Under sygelige Tilstande kan Urinen endelig indeholde større Mængder af f. Eks. Sukker, Æggehvidestof, Blod, Bakterier o. s. v., hvorfor flere Sygdomme diagnosticeres gennem Urinundersøgelser.

Med Blodet føres Urinens forskellige Bestanddele til Nyrerne, af hvilken Kirtel de da udsondres og foreløbig opmagasineres i Urinblæren, indtil de ved en vilkaarlig Akt udtømmes af denne.

De Nedbrydningsprocesser, af hvilke forskellige af Urinens Bestanddele er Resultatet, leverer ogsaa en betydelig Mængde Energi, men i Regelen dog meget mindre end den, der hidrører fra Aandedrætsprocessen under Nedbrydningen af Kulhydrater og Fedtstoffer. Men det maa imidlertid erindres, at Æggehvidestofferne ogsaa medvirker ved Dannelsen af Kulsyre under Aandedrættet, og at vi i Mængden af Urinstof, Svovlsyre og Fosforsyre har et Udtryk for den Energi, de leverer. Endvidere oplyser Urinstoffet, der indeholder Kulstof og Brint, som ikke er iltet, os om, at en Del at den Energi, Æggehvidestofferne kunde levere, ikke bliver frigjort, eller at disse Stoffer ikke udnyttes fuldstændigt som Energigivere i den levende Organisme. Ti medens deres Forbrændingsevne ved en fuldstændig Iltning andrager c. 5,7 Kalorier, giver de ved deres fysiologiske Forbrænding til Urinstof kun 4,1 Kalorier pr. Gram. —

Sved. Et ganske lignende Ekskret som Urinen udsondres i

Form af Sved af talrige smaa rørformige Kirtler, der er anbragte i Huden, men meget ulige fordelte paa forskellige Steder af Pattedyrenes Legeme. Hos Mennesket har man f. Eks. beregnet, at der ialt skulde findes op til $2^1/_2$ Million Svedkirtler, der pr. Kvadratcentimeter Overflade forekommer i et Antal af c. 140 i Panden, 60 paa Kinderne, 225 paa Bryst, Bug og den forreste Side af Armen, 50 i Nakken, paa Ryggen og Sædet, 310 paa Haandens Flade og 170 paa dens Rygside, 300 under Fodsaalen og 100 ovenpaa Foden. Foruden Vand, hvis daglige Mængde er omtalt S. 454, indeholder Sveden $^1/_2$—1 % faste Stoffer, saaledes at dens Sammensætning f. Eks. kan være følgende (efter HARNACK):

Vand	990,9
Uorganiske Stoffer, særlig Klornatrium	6,7
Urinstof	1,2
Andre organiske Stoffer	1,2

Blandt de sidste Stoffer findes flere flygtige fede Syrer, som Propionsyre, Smørsyre og højere Led, samt Rhodankalium m. m., der giver Sveden dens ejendommelige, uhehagelige Lugt. Naar Svedafsondringen er særlig stærk, kan de faste Bestanddeles Mængde ogsaa være ret betydelig; bl. a. skal Urinstofmængden kunne naa op til 5 gr pr. Døgn eller c. en Sjettedel af, hvad der normalt udskilles gennem Urinen.

Under almindelige Forhold spiller dog Tabet af faste Stoffer gennem Sveden ingen nævneværdig Rolle i Organismens Økonomi, men Svedafsondringens største og overordentlig vigtige Betydning ligger i, at den tjener til Regulering af Legemstemperaturen (se S. 455 og 485).

Andre Stoftab.

Skal man gøre et nøjagtigt Regnskab op over Organismernes Indtægter og Udgifter, maa man endnu regne med en Post, der undertiden kan være ret betydelig, nemlig saadanne Tab, der lides ved periodisk Frigørelse af Celler eller hele Organer, ved Bortdøen, Henfald, mekanisk Slid o. s. v.

Ser vi først paa Planterne, har vi i Løvfaldet, navnlig hvor dette foregaar hvert Aar ved den kolde eller tørre Tids Indtræden, jo ofte et umaadeligt Stoftab for os. Og selv de Planter, der har stedsegrønne Blade, afkaster dog disse efter et for hver Art karakteristisk Aaremaals Forløb. Ofte gaar da ogsaa visse Skud som Dværggrene o. a. med i Løbet, foruden de Knopskæl, der ved

Løvspringet har udspillet deres Rolle som Beskyttelsesorganer mod Vinterkulde og Tørke. Hos mange Jordfladeplanter (Chamæfyter) dør store Dele af de overjordiske Skud bort i den ugunstige Aarstid, og hos Jordskorpeplanter (Hemikryptofyter) og Jordplanter (Kryptofyter) dør alle Organer, som befinder sig over Jorden, bort i denne Periode paa Grund af Kulde eller Tørke, eller fordi de i det hele har en meget begrænset Levetid, skønt Individet som saadant ikke dør. (Se S. 347.) Og lignende Forhold finder vi hos Vandplanter, ogsaa saadanne, der lever helt under Vandet, som mange Havalger. At Planterne viser stor Økonomi ved i Forvejen at trække vigtige Næringsstoffer ud af de Organer, der er bestemte til Undergang, som Størstedelen af Kvælstoffet, Fosforsyren og Kaliet af Bladene før Løvfaldet, er et meget interessant Forhold.

Et saadant betydeligt Stoftab finder endvidere Sted efter Blomstringen, naar Bægerblade, Kronblade, Støvdragere, Ar og ofte Højblade har udført deres Mission under Bestøvning og Befrugtning. Med kødede og saftige Frugter tabes tillige en stor Mængde Stof, som ikke direkte kommer Afkommet til Gode, men kun skal tjene som Lokkemad for de Dyr, der spreder Frøene. I saadanne Tilfælde udvises der ingen Sparsommelighed, men snarere det modsatte. Bekendt er det ogsaa, hvordan Overhuden af de Skud, der forvedder, efterhaanden dør bort, og hvorledes mange Træers Bark afstøder store Flager af Kork og andre Væv. Ligeledes tabes en Mængde Haar, der tjener til Beskyttelse af de unge Organer eller udfører en anden Funktion, som Rodhaarene, der i det hele taget kun lever ganske kort. Det er nemlig ikke alene overjordiske Organer, der regelmæssigt dør og tabes, men ogsaa talrige underjordiske Rodstokke, Knolde, Løg, Rødder o. a. dør og raadner bort, naar de har tjent en vis Tid. Og endelig kan rent mekanisk Slid, Saar eller særlig Afbidning fra Dyr jo volde Planterne de største Stoftab, som de da som oftest er indrettede paa at erstatte ved fortsat Vækst og Nydannelser.

Men ogsaa Dyrene lider ganske tilsvarende Tab ved Henfald, Afstødning og Slid paa Hud, Haar, Fjer, Skæl, Pansere, Negle, Kløer o. s. v. Den menneskelig Hud slides f. Eks. regelmæssigt af paa de mest blottede og udsatte Organer som Hænder, Fødder og Ansigt; ofte dræbes de yderste Overhudsceller af Sollyset, af Sæbe eller lignende Stoffer, som de kommer i Berøring med; men Organismen er stadig under hele Livet parat til at erstatte disse Tab

ved Nydannelse af Celler. Mange Dyr skifter (»fælder«) deres Haar-, Fjer- eller Skælbeklædning en Gang om Aaret eller med andre Mellemrum, og paa visse Stadier af deres Udvikling er der andre, der skifter Ham, som Slanger, Insekter, Krebsdyr m. fl. I det hele taget viser Overhudsdannelserne en fremtrædende Evne til Regeneration, længe efter at andre Organer har tabt denne. Noget lignende gælder de Epitheler, der beklæder indre Overflader i Organismen, f. Eks. Tarmvæggene, af hvilke der bestandig afstødes en Mængde Celler, der følger med og udgør en ikke ganske ubetydelig Del af Ekskrementerne. Foruden Celler udskilles der ogsaa af Fordøjelseskanalens Vægge en Række Sekreter som Enzymer, Slim, Æggehvidestoffer og Salte, der efter at have udført vigtige Funktioner under Fordøjelsen og Fødemidlernes Befordring udtømmes tillige med de ubenyttede Rester af disse.

Hvor store Mængder de her nævnte Stoftab udgør, er ofte vanskeligt at bestemme nøjagtigt paa Grund af Maaden, hvorpaa de finder Sted. Men store Fejl kan indløbe ved Opgørelsen af Legemets samlede Stofomsætning, hvis der ikke tages Hensyn til dem, hvilket ret almindeligt netop ikke er sket.

Organismernes Stof- og Krafthusholdning. Forholdet mellem Indtægt og Udgift.

Naar den i Næringsstofferne eller selve de levende Cellebestanddele bundne Energi frigøres og anvendes til forskellige Livsvirksomheder, er det ofte vanskeligt, eller det har hidtil ikke altid været muligt direkte at følge Omsætningen og maale det Arbejde, der udføres. Dette gælder f. Eks., naar den kemiske Energi omsættes til Lys, til Elektricitet eller til psykisk Arbejde, om hvilke Virksomheder vi foreløbig kun ved eller antager, at de ogsaa kræver Nedbrydning af energiholdigt Stof; og kun undtagelsesvis kan vi maale det mekaniske Arbejde, som en tilsvarende Stofnedbrydning finder Anvendelse til. Men derimod er der en anden Energiform, af hvilken der i den levende Organisme ofte produceres særlig store Mængder, som lader sig maale med ret stor Nøjagtighed, nemlig Varmen. Og da vi ved, at Energiomformningen altid sker ganske lovmæssigt, efter bestemte Ækvivalenttal, kan Varmemængden benyttes som Enhed ved Maalinger af al den Energi, der i Almindelighed finder Anvendelse i Organismen.

Dette er saa meget mere bekvemt, som man direkte kan maale den potentielle (hvilende) Energi, der findes i Næringsstoffer og Cellebestanddele, ved at lade disse forbrænde fuldstændigt til iltmættede Forbindelser, idet da al deres bundne Energi frigøres i Form af Varme. For forskellige Stoffer kan saaledes Energimængden bestemmes ved en Forbrænding udenfor Organismen, og de Tal, der herved vindes, kan derefter benyttes til Maal for den Energimængde, der frigøres, naar de samme Stoffer nedbrydes mer eller mindre fuldstændigt inde i den levende Organisme, hvorom de udskilte Nedbrydningsprodukter giver værdifulde Oplysninger.

Man har da 3 vigtige Holdepunkter for en Opgørelse af den samlede Stof- og Energiomsætning i Organismen, nemlig 1) en Bestemmelse af den Mængde Næringsstof, der optages, hvilket f. Eks. for Menneskets Vedkommende kan ske ved fra den indtagne Føde at trække den Del af Ekskrementerne, der bestaar i de ubenyttede Rester af denne[1]); 2) en Bestemmelse af de udskilte Stoffer (Kulsyre, Vand, Urinstof m. m.); og 3) en Bestemmelse af den i Legemet producerede frie Varme, der med stor Nøjagtighed kan maales ved Hjælp af et Kalorimeter. Og Forholdet er da dette, at en stor Mængde Energi, der anvendes inde i Organismen til Udførelse af f. Eks. mekanisk Arbejde (under Blodets Cirkulation, Fordøjelsesarbejdet o. l.), i Virkeligheden omsættes til Varme, før den forlader Organismen.

Naturligvis maa der saa ogsaa samtidig tages Hensyn til, om Legemet forøger sin Stofmasse, hvilket fremgaar dels af Forandringer i dets Vægt, dels af Differensen mellem de optagne Næringsstoffers og de udskilte Stoffers Vægt. Og hvor der da sker Nydannelser ved Assimilation (Syntese), maa man regne med, at en Del af den frigjorte Energi igen bindes ved denne, med mindre der hertil tages Energi udefra, saaledes som det sker under Kulsyreassimilationen i Lys hos de grønne Planter. Omfanget af selve Driftsstof- og Kraftskiftet maaler man derfor lettest, naar man eksperimenterer med udvoksede Dyr, der befinder sig i stoflig Ligevægt, eller hvis Stoftab og Stofvinding er lige store.

Energiforbruget[2]) er imidlertid yderst forskelligt hos forskellige

[1]) Man kan hertil ogsaa lægge den Mængde Ilt, der indaandes, og som lader sig bestemme med stor Nøjagtighed.

[2]) Dette kan som forklaret ogsaa være et Udtryk for Stofforbruget, saa disse to Betegnelser i denne Sammenhæng er identiske.

Organismer, beregnet paa Enhed, f. Eks. pr. Kilo eller Gram, af Legemsvægten (se herom f. Eks. Tabellen S. 465 over Aandedrættets Styrke hos forskellige Dyr og Planter). Det afhænger i saa høj Grad af det Arbejde, der udføres, og er derfor forholdsvis ringe hos de fastsiddende Planter, hvis ydre Bevægelser foregaar saa langsomt, men hos hvilke man dog maa regne med det mekaniske Arbejde, der udføres under Protoplasmastrømninger og Stoftransport. Hos mange fastvoksede eller træge Dyr eller saadanne, der ligger hen i en Hviletilstand (Vintersøvn o. l.), er det ogsaa forholdsvis ringe. Men hos mange af de mindste Organismer, som Bakterier, Svampe, encellede Alger, Infusionsdyr, Hjuldyr o. l. er det ganske særlig stort, dels fordi disse ofte udfører særdeles livlige Bevægelser og saaledes udfører et forholdsvis betydeligt mekanisk Arbejde, og dels fordi vi hos nogle af dem, f. Eks. Gæringsorganismerne og sygdomsvækkende Mikrober, møder en ganske særlig Evne til at udføre kemisk Arbejde af forskellig Slags (Gæring, Enzym- og Toksindannelse), og de samtidig i Regelen udmærker sig ved en overordentlig stor Formeringsevne. Og alle andre Forhold lige vil som før nævnt Stof- og Energiomsætningen staa i omvendt Forhold til Legemets Masse, men i ligefremt Forhold til dets (relative) Overflade, idet jo større denne er, des lettere vil baade Stofoptagelse og -udskilning kunne finde Sted.

Hos de Organismer, hvis Legemsvarme paa det nærmeste falder sammen med Omgivelsernes eller i Regelen kun er en Ubetydelighed højere end disses Temperatur, vil det ofte være afgørende for Stofomsætningen, om hin er lav eller høj. Paa tilsvarende Maade virker den lettere eller vanskeligere Adgang til Næringsstoffer og til fri Ilt.

Men for den samme Organismes Vedkommende veksler endelig Energiforbruget med Udviklingsstadiet (Alderen), med periodiske Forhold i dens Liv, med dens øjeblikkelige Tilstand, f. Eks. eftersom den befinder sig i Hvile, eller den arbejder o. s. v.

En Særstilling indtager imidlertid de varmblodede Dyr med deres konstante, forholdsvis høje Legemstemperatur. Ti denne vil i Regelen ligge adskillige Grader højere end Omgivelsernes, og dette vil da igen afføde et ganske specielt stort Energitab i Form af fri Varme (ved Udstraaling, Ledning og Fordampning), som der stadig skal skaffes Dækning for ved forøget Stofnedbrydning. Jo større Differensen er mellem Legemets og Omgivelser-

nes Temperatur, og jo daarligere det førstes Beskyttelse mod Varmetab (ved Beklædning og andre Isoleringsmidler) er, des større vil dette blive. Kulde i Omgivelserne vil da for disse Organismer betyde et forøget Energitab. Men høj Varme kan forøvrigt give samme Resultat, fordi de da ved forøget Fordampning (Svedafsondring), der kræver Varmeforbrug, maa beskytte sig imod, at Legemstemperaturen stiger over den normale.

De varmblodede Dyr maa derfor producere meget mere Energi, end de direkte benytter, men dette har de tilfælles med andre Kraftmaskiner, som f. Eks. Dampmaskiner, der i Regelen ikke udnytter mere end 10 % af den Energi, der frigøres ved Kullenes Forbrænding. Og naar vi i den levende Maskine kan komme op til en Udnyttelse af henimod 50 % af den Energi, der frigøres af Næringsstofferne, men Mennesket dog ved fysisk Arbejde sjældent udnytter mere end c. 25 %, har vi altsaa dog her med en forholdsvis meget økonomisk arbejdende Maskine at gøre. Størst er Energitabet, naar man nærmer sig Grænserne for en Maskines Ydeevne. Højtryksdampmaskiner arbejder langt mindre økonomisk end Lavtryksmaskiner. og skal Lokomotiver, Dampskibe og Automobiler gaa med fuld Fart, bliver som bekendt Kulforbruget ogsaa uforholdsmæssig stort. Saaledes ogsaa med den levende Maskine, hvor rigtignok Øvelse og Træning kan bringe Energitabet meget betydeligt ned. Den, der er uvant med strængt legemligt Arbejde, vil under dette blive meget mere varm eller svede langt stærkere end den øvede Arbejder, og hans Organisme vil i Forhold hertil kræve saa meget større Næringsstoftilførsel.

Af Tabellen S. 465 saa vi, at ogsaa koldblodede Dyr, som mange livlige Insekter, eller selv Planter kunde have et Aandedræt og et hertil svarende Energiforbrug, der i Styrke endog kunde overgaa det varmblodede Menneskes. Men dette synes at indtage en Middelstilling mellem forskellige Yderpunkter, og da der af sociale og hygiejniske Grunde er anstillet særligt mange Forsøg over Stof- og Energiomsætningen i det menneskelige Legeme, og Resultaterne heraf jo kan paaregne almindelig Interesse, samtidig med at de giver værdifulde Oplysninger om almene biologiske Love, er det naturligt her at fremdrage dem som Eksempel[1]).

[1]) Ogsaa for de vigtigste af vore Husdyrs Vedkommende foreligger der nu et omfattende Materiale af denne Art, tilvejebragt dels med Henblik paa deres mest økonomiske Fodring, dels — som i de talrige Forsøg med Hunde — af rent videnskabelige, teoretiske Grunde.

Ligesom der ved Beregningen af Driftsomkostningerne under en Dampmaskines Arbejde altid først maa regnes med Forbrændingsmaterialets (Kuls, Træs, Tørvs o. l.) varmegivende Evne og Pris, saaledes maa de samme Størrelser fastsættes for Næringsmidlernes Vedkommende, naar det gælder en mere nøjagtig Udregning af Økonomien i det daglige menneskelige Liv.

Menneskets Kvælstof- og Energibehov. De Næringsmidler, der udgør Hovedmængden af Menneskets Føde, hører som bekendt til de tre kemiske Stofgrupper: Æggehvidestoffer, Kulhydrater og Fedtstoffer, og det er i Almindelighed fra dem, at Organismen faar al den Energi, som den behøver. Dog kan ogsaa Stoffer som Lim og Alkohol tjene paa samme Maade og derfor tildels erstatte de førstnævnte. Og det har nu vist sig, at Næringsværdien staar i nøje Forhold til de paagældendende Stoffers Forbrændingsvarme eller kaloriske Værdi, idet man ved en Varmeenhed eller Kalorie forstaar den Mængde Varme, der skal til for at opvarme et Kilogram 1 Grad, f. Eks. fra 0^0 til 1^0 eller fra 10^0 til 11^0 o. s. v.[1]). For Æggehvidestofferne maa der imidlertid i saa Henseende gøres en ogsaa før omtalt Indskrænkning, da de med deres Omsætning i Organismen ikke sønderdeles fuldstændigt som ved en almindelig Forbrænding, hvorved de vilde give 5,7 Kalorier pr. Gram, men kun nedbrydes til Urinstof, der endnu har nogen Forbrændingsvarme, saa at de til Organismen kun afgiver 4,1 Kalorier. Dette er netop samme Varmemængde, som 1 Gram Kulhydrat afgiver ved fuldstændig Forbrænding, medens Fedtstofferne ved denne giver 9,3 og Alkohol 7,1 Kalorier. Forholdet mellem Næringsværdien af disse Stoffer beregnet efter den Mængde Varme, de afgiver under deres Sønderdeling i Organismen, bliver altsaa:

Æggehvidestoffer .	4,1
Kulhydrater.....	4,1
Fedtstoffer.....	9,3
(Alkohol	7,1)

Men Udnyttelsen af Føden er ikke altid fuldstændig, idet en Del af Næringsstofferne passerer Fordøjelseskanalen uden at blive optagen. Dette gælder navnlig Planteføde, af hvilke en større Del

---

[1]) Dette er en stor eller Kilogram-Kalorie, som vi her alene regner med. Ved en lille Kalorie forstaar man den Varmemængde, der skal til for at opvarme 1 Gram Vand 1 Grad, saaledes at der gaar 1000 smaa paa 1 stor Kalorie.

ofte bliver ufordøjet, medens de dyriske Fødemidler i Regelen udnyttes paa nær nogle faa Procent eller, som Fedstofferne, ofte fuldstændigt. Ved blandet Kost udnyttes i Almindelighed c. 90% af de indtagne Næringsstoffers Kalorier (Netto-Kalorier).

For den Funktion af Næringsstofferne, der bestaar i at forsyne Organismen med Energi, kan da de enkelte Næringsstofgrupper erstatte hinanden efter ovennævnte Forholdstal eller saaledes, at der skal mere end den dobbelte Mængde af Æggehvidestoffer og Kulhydrater til for at give samme Energi som en bestemt Mængde af Fedtstoffer. Og naar Organismen blot faar den Energi, den har Brug for, er det for saa vidt ligegyldigt, fra hvilken anvendelig Kilde den hentes, forudsat at de energigivende Stoffer ikke har skadelige Bivirkninger, som f. Eks. Alkoholen kan have.

Men af disse energigivende Næringsstoffer indtager dog Æggehvidestofferne en Særstilling. Ti Organismen behøver jo ikke alene Energi, men den skal ogsaa have en rent stoflig Erstatning for, hvad den taber af sine normale Bestanddele under dens daglige Drift, f. Eks. af Kvælstof, af forskellige Salte o. s. v.; og er den i Udvikling, Vækst, skal den have Bygningsmateriale til Nydannelse af Celler. Her er det nu, at Æggehvidestofferne foruden Energi leverer Kvælstof til Organismen til Erstatning for, hvad den udskiller heraf gennem Urinen, Sveden, Mælk, Kønssekreter o. s. v., saa medens visse Dyr vel kunde undvære Kulhydrater og Fedtstoffer, naar de fik Erstatning for disse i en forøget Mængde af Æggehvidestofnæring, vil de ikke helt kunne undvære denne uden at sætte til af deres egen Beholdning deraf, saa at Mennesker og større Pattedyr ved en fuldstændig kvælstoffri Kost vilde gaa omtrent lige saa hurtigt til Grunde af Sult, som hvis de slet ingen Næring fik. Mindre Dyr, der i det hele taget dør hurtigere under fuldstændig Mangel paa Føde, kan derimod leve forholdsvis længere ved kvælstoffri Næring alene,

Man har søgt at faa Oplysninger om, hvad et Menneske eller andet Dyr virkelig behøver af de forskellige energigivende Næringsstoffer ved i nogen Tid slet ikke at give dem saadan Føde og i denne Periode at bestemme Mængden og Arten af de Stoffer, de da udskiller. Ved rene Sulteforsøg har man fundet, at Legemet efter kort Tids Forløb indstiller sig paa den pinligste Økonomi og udskiller adskilligt mindre Stof end sædvanligt, samtidig med at det ogsaa hurtigt bliver ret kraftesløst, for tilsidst helt at gaa til Grunde (se S. 106—110). Under saadanne Forhold bruges der

nemlig alligevel betydelige Mængder af Energi, dels for at vedligeholde det indre Arbejde (Blodomløb, Aandedræt o. s. v.), dels for at holde Legemstemperaturen oppe paa dens normale Højde; denne sidste synker dog i Regelen ganske lidt. Ti al den Energi, der produceres, maa nu hidrøre fra Nedbrydning af Legemets egne Væv og Reservebeholdning.

Det viser sig, at Legemets Beholdning af Kulhydrater (i Lever, Blod og Muskler) meget hurtigt forbruges, og dernæst gaar det ud over Fedtstofbeholdningen, samtidig med at i det mindste saa meget af Æggehvidestof nedbrydes, som svarer til de kvælstofholdige Bestanddele i Urinen. Medens der i de første Par Dage af Sulteforsøget undertiden udskilles omtrent samme Mængde Kvælstof som normalt (f. Eks. naar Organismen i Forvejen har været indstillet paa et ringe Æggehvidestofindhold i Føden), synker dettes Mængde i den følgende Periode ned til et Minimum for senere pludselig igen at stige betydeligt over det normale og derefter holde sig forholdsvis højt, indtil der igen gives kvælstoffri Næring, eller Døden indtræder. Den tredje Periode i Kvælstofudskilningen synes at indtræde netop paa det Tidspunkt, da Legemets Fedtstofbeholdning er opbrugt, og det derfor alene kan hente Energi fra Nedbrydning af Æggehvidestofferne. — Vi skal senere se, at man dog ikke kan drage sikre Slutninger om Legemets Stofbehov af saadanne Forsøg.

Men man har saa ogsaa prøvet, hvordan Stofomsætningen forholder sig, naar Organismen faar en ensidig Næring, enten alene kvælstoffri Kost, bestaaende af Fedtstoffer og Kulhydrater, eller udelukkende Æggehvidestoffer (fedtfrit Kød o. l.).

I første Tilfælde vil, som foran berørt, Kvælstofudskilningen fortsættes som under et Sulteforsøg i 2den Periode, hvor den holdes nede paa et Minimum, men Organismen vil dog snart komme til at lide af Kvælstofhunger, der efter nogen Tids Forløb vil have Døden til Følge.

I andet Tilfælde (udelukkende Æggehvidestofnæring) vil der ikke alene kræves en forholdsvis stor Fødemængde til Dækning af Energibehovet, men der vil tillige vise sig det mærkelige Forhold, at Kvælstofudskilningen og dermed Æggehvidestofnedbrydningen vil blive ved at stige med Mængden af de indtagne Næringsstoffer og langt ud over de Grænser, hvor det daglige Kvælstof- og Energibehov er dækket, eller der er indtraadt den Tilstand, som man kalder Kvælstofligevægt, medens der i den

udvoksede Organisme ikke vil aflejres nævneværdige Mængder af det Æggehvidestof, der egentlig maatte betegnes som Overskud. Dels skal der altsaa tilføres meget mere Æggehvidestof end ved almindelig blandet Kost for at tilvejebringe Kvælstofligevægt, og dels stiger Æggehvideomsætningen proportionalt med Tilførselen, ogsaa ud over det Punkt, da Kvælstofligevægten er indtraadt.

Men hvis der efter nogen Tids ensidig Æggehvidestofnæring igen tillige gives noget Fedtstof eller Kulhydrat, kan Kvælstofudskilningen atter bringes ned, og Kvælstofligevægt opretholdes paa en meget ringere Mængde af Æggehvidestofnæring. Ja, ogsaa Alkohol kan frembringe dette Resultat, og det er da tydeligt, at de paagældende Stoffer i Legemets daglige Økonomi virker æggehvidebesparende o: træder ind for en stor Del af det Æggehvidestof, der vilde blive nedbrudt, hvis de ikke gaves.

Hvis der derimod samtidig med den til Kvælstofligevægt fornødne Æggehvidestofmængde gives mere Fedtstof eller Kulhydrat, end Organismen egentlig har Brug for, vil Overskuddet ophobes og aflejres som Fedt, der kan give sig Udslag i en betydelig Forøgelse af Legemsvægten. Men dog vil, som vi snart skal give nogle Tal for, den samlede Omsætning i Legemet i Almindelighed stige med Mængden af optagne Næringsstoffer, saaledes at der baade vil udskilles langt mere Kvælstof og produceres langt mere af Energi, som i og for sig ikke bliver tagne i Brug, end der er Nødvendighed for, idet altsaa Legemet nogenlunde kan indstille sin Økonomi efter sine Indtægter.

Spørgsmaalet er dernæst, hvor meget der er nødvendigt af Næring i sin Helhed og af de forskellige Næringsstoffer under forskellige Forhold, og hvor meget der i det hele taget kan omsættes af det menneskelige Legeme under Overernæring, af hvilket det første Punkt naturligvis navnlig er af kapital Betydning saavel for den enkelte som for Samfundet i sin Helhed.

Ligesom der er store individuelle Forskelligheder mellem de enkelte Individers Appetit og daglige Forbrug af Føde, vil saadanne sikkert ogsaa fremtræde mellem forskellige Menneskeracer og efter den i de enkelte Lande og Stænder gængse Levevis. Derfor er det her noget vanskeligt at opstille almengyldige Tal, men visse iøjnefaldende Lovmæssigheder har man dog fundet, bl. a. angaaende Alderens, Hvilens og Arbejdets Indflydelse paa den samlede Stof- og Kraftomsætning, som kort kan udtrykkes ved Kalorieforbruget.

I Kraft af Loven om de mindre Organismers relativt livligere Stofskifte end de større, i Forbindelse med at der i de første Leveaar kræves en ekstra Stoftilførsel til Vækst og Nydannelser, er Børns Kalorieforbrug pr. Kilo Legemsvægt gennemgaaende større end Voksnes. Og vel dels paa Grund af mindre fysisk Arbejdsydelse, dels fordi Cellerne maa antages at være mindre livsvirksomme, har gamle Folk et ringere Kalorieforbrug end netop vokne og midaldrende Folk. Naar Kvinder i Regelen omsætter færre Kalorier end Mænd, hidrører dette vistnok fra, at de i Almindelighed udfører et mindre fysisk Arbejde. Under Hvilen skal der i det mindste for voksne Individer i saa Henseende ikke være nogen Forskel mellem Kønnene pr. Kilo Legemsvægt.

Ser vi nu alene paa voksne Individer, skal Gennemsnitsforbruget af Kalorier (efter v. NOORDEN) pr. Døgn andrage:

Under Hvile.....	30—34	Kalorier	pr. Kilo	Legemsvægt
Ved let Arbejde....	34—40	—	—	—
Ved middel Arbejde.	40—45	—	—	—
Ved strængt Arbejde	45—60	—	—	—

For et Menneske, der vejer 70 Kilogram, vilde dette da blive et Forbrug pr. Døgn af:

Under Hvile.....	2100—2380	Kalorier
Ved let Arbejde.....	2380—2800	—
Ved middel Arbejde..	2800—3150	—
Ved strængt Arbejde..	3150—4550	—

Nu har det imidlertid vist sig, at disse Tal ofte meget vel kan bringes betydeligt ned, uden at Organismen lider noget derved, eller dets Arbejdsevne forringes, saaledes at et Menneske paa 70 Kilo under Hvile kan komme ned til 1 Kalorie pr. Kilo pr. Time eller ialt c. 1700 Kalorier pr. Døgn, hvilket netop svarer til det mindst mulige Varmetab til Omgivelserne under almindelige Forhold. Under lav Temperatur (Kulde) i Omgivelserne, bliver Varmetabet jo større, og det minimale Kalorieforbrug maa da stige i tilsvarende Grad. Men paa den anden Side kan de ovennævnte Tal ogsaa bringes betydeligt op, enten ganske simpelt derved, at der spises mere, eller ved at der præsteres ganske særlig stort fysisk Arbejde. I sidste Tilfælde har f. Eks. Tømmer-, Jord- og Teglværksarbejdere ofte bragt det op over 5000, ja indtil 8800 Kalorier pr. Døgn. Det største maalte Energiforbrug pr. Døgn,

man kender, er 12,800 Kalorier for en Cyklerytter paa 71 Kilogram.

Da Legemet i Almindelighed omsætter des mere, jo større Fødemængder det indtager, uden at dette behøver at medføre en Vægtforøgelse, Fedning el. lign., kommer mange Mennesker let til at indtage langt mere Føde end nødvendigt og gavnligt for Sundheden. Overskuddet gaar da til Spilde som et overflødigt Varmetab, men de Organer, der besørger Omsætningen — hvori antageligt alle Legemets Celler i større eller mindre Grad deltager — kan da blive overanstrængte eller skadeligt paavirkede af giftige Stofskifteprodukter (Purinstoffer, Forraadnelsesprodukter fra Tarmen o. l.), saa man i Almindelighed burde vogte sig for at spise ret meget mere, end man ved simple Forsøg paa sig selv kunde udfinde som tilstrækkeligt for at være i Vigueur og befinde sig vel.

Det vil af det foregaaende fremgaa, at det dog altsaa ikke er ligegyldigt, fra hvilke Næringsstoffer man skaffer sig det nødvendige Antal Kalorier, idet man ikke alene skal skaffe Dækning for Tabet af disse (i Form af Varme), men man ogsaa maa erstatte det Kvælstof, der udskilles med Urinen. Derfor maa der i Næringen altid være et vist Minimum af Æggehvidestof, hvis Legemet skal holdes i Kvælstofligevægt, og hvis Kvælstofudskilningen, som omtalt S. 488, ikke skal overstige de normale Grænser, maa der desuden indtages passende Mængder af kvælstoffri Næring, medens det er mindre væsentligt, om denne bestaar i Fedtstoffer eller Kulhydrater eller en Blanding af begge.

I de almindeligst anvendte naturlige Næringsmidler, hvad enten disse er af animalsk eller vegetabilsk Oprindelse eller af begge Slags, findes der nu gerne passende Mængder af baade kvælstofholdige og kvælstoffrie Næringsstoffer. Men det indbyrdes Mængdeforhold af disse kan dog let forskydes i ikke ringe Grad under det frie Valg af Fødemidler. Saaledes vil overvejende Kødspiser, især af magert Kød, sætte Æggehvidestofmængden uforholdsmæssigt op, og en vis Slags ensidig Plantenæring som Ris, Kartofler og søde Frugter bringe den meget langt ned. Og det er derfor meget vigtigt at kende dels de minimale Grænser for Fødens Kvælstof- og Kalorieindhold, dels de almindeligt anvendte Næringsmidlers Næringsværdi. Og herpaa er ogsaa for en stor Del det omfattende ernæringsfysiologiske Arbejde, der i de senere Aar er udført baade af Teoretikere og Praktikere, gaaet ud.

Vi kan nu ikke her komme ind paa Enkeltheder angaaende

Fødemidlernes kemiske Sammensætning og Kalorieværdi, men maa nøjes med at anføre nogle Tal for Fødens Sammensætning i Almindelighed med Henblik paa dens Indhold af rene Næringsstoffer, saaledes som disse passende kan være blandede i Menneskets daglige Kost.

Som vi bl. a. saa af Tabellen S. 478, og som flere Gange fremhævet i det følgende, kan Kvælstofudskilningen gennem Urinen veksle i overordentlig høj Grad efter Mængden af de indtagne Æggehvidestoffer. De i Tabellen under »Kødnæring« anførte Tal for kvælstofholdige Urinbestanddele svarer til c. 200 Gram nedbrudt Æggehvidestof, og selv om der indtages blandet Kost, vil man ved større Rationer let kunne komme op paa et saadant Tal. Saa store Mængder Æggehvidestof har nu vel aldrig været ansete for at være nødvendige, men efter omfattende Forsøg, der i sin Tid blev anstillede i Tyskland af PETTENKOFER, VOIT og RUBNER og i Amerika af ATWATER, var man dog tilbøjelig til at mene, at c. 100—130 Gram Æggehvidestof hørte til det voksne Menneskes daglige Fornødenheder. Nyere Forsøg har imidlertid vist, at Kvælstofligevægt kan opretholdes med langt ringere Mængder, ja med det halve eller endnu mindre, og uden Gêne af nogen Art. Det synes endog, som det almindelige Velbefindende derved bliver bedre, og Muskelkraften forøget, naar der gives Erstatning for den medfølgende Kalorieformindskelse gennem en tilsvarende Forøgelse af den kvælstoffrie Næring.

Hvor vidt man af denne anvender mere eller mindre af Fedt i Forhold til Kulhydrater (Stivelse og Sukker), synes mindre væsentligt og er ofte afhængig af Smagen eller af økonomiske Hensyn. Fedtstofferne er nemlig i Regelen forholdsvis meget dyrere end Kulhydraterne, regnet efter deres Kalorieværdi, og vi ser da ogsaa Forbruget af de første gennemgaaende lavest hos den fattigere Befolkning. I Almindelighed nydes der fra 50 til 100 Gram Fedt og 400—500 Gram Kulhydrat om Dagen. Og man vil se, at man heraf i Forbindelse med de ovenfor omtalte Æggehvidemængder vil opnaa et passende Antal Kalorier til Bestridelse af et middelstort fysisk Arbejde, f. Eks. ved

100	Gram	Æggehvidestof à 4,1 Kal.	=	410 Kalorier
100	—	Fedtstof à 9,3 Kal.....	=	930 —
400	—	Kulhydrat à 4,1 Kal. ...	=	1640 —
			ialt	2980 Kalorier

eller ved

75	Gram	Æggehvidestof.	= 307	Kalorier
60	—	Fedtstof.....	= 558	—
500	—	Kulhydrat.....	= 2050	—
			ialt 2915	Kalorier

Medens en meget kødrig Næring da vil give overflødig meget Æggehvidestof, vil Plantekost bestaaende af rigeligt Brød og andre Melspiser i Regelen give tilstrækkeligt omend meget mindre deraf. Uden ellers at komme ind paa en Vurdering af ren vegetariansk i Forhold til blandet Kost, tør det nok siges, at for de fleste Mennesker vil det være sundest at leve overvejende af Plantekost og at lade Kødspiserne indtage en mere begrænset Plads i den daglige Føde. Men visse Jæger- og Fiskerfolks Levevis, især i arktiske Egne, viser dog, at Mennesket kan leve udmærket og bevare en blomstrende Sundhed parret med Styrke og stor Udholdenhed ved en rent dyrisk Føde og uden Kulhydrater, idet da Fedtstofferne alene repræsenterer den kvælstoffrie Næring.

Energiens Anvendelse. Det er tydeligt nok, at hos de varmblodede Dyr gaar den allerstørste Del af den ved Stofnedbrydningen frigjorte Energi til Spilde i Form af Varme, der tabes til Omgivelserne, saa det kun bliver en forholdsvis ringe Del, der finder Anvendelse til egentlig Arbejde. Hos de koldblodede Dyr og Planterne stiller Forholdet sig sandsynligvis væsentligt anderledes, og der er al Grund til at tro, at disse gennemgaaende fører et langt mere økonomisk Stof- og Energiskifte; men herom ved vi endnu ikke synderlig Besked.

Lad os da igen tage Mennesket som Eksempel og forsøge at finde Maal for Anvendelsen af den dagligt producerede Energimængde.

Varmetabet kan ret nøjagtigt maales i de før nævnte Kalorimetre, om hvis Indretning og Brug der forøvrigt maa henvises til fysiske og fysiologiske Lære- og Haandbøger. Størstedelen af Varmen tabes gennem Huden ved Straaling, Ledning og Fordampning, men der er ogsaa andre Kilder til Varmetab. Hvor megen Varme der afgives ved Straaling, afhænger næsten udelukkende af Forskellen mellem Legemets og Omgivelsernes Temperatur. Denne Faktor spiller naturligvis ogsaa en overordentlig vigtig Rolle ved Ledning og Fordampning, men her griber dog andre Faktorer ind, som det omgivende Mediums Natur

(Luft, Vand, Beklædningen), Luftens Fugtighedsgrad, Vindforholdene, Legemets Tilstand (om det er i Hvile eller arbejder, om der udsondres Sved eller ej, hvorvidt Hudens Blodkar er udvidede eller indsnevrede o. s. v). Kolde Bade vil saaledes f. Eks. medføre et stort Varmetab paa Grund af Vandets store Varmeledningsevne, og varme Bade kan bagefter bringe Varmetabet til at stige, fordi de har bragt Hudens Blodkar til at udvide sig. Den Varme, der tabes ved Fordampningen, staar i nøje Forhold til Mængden af afgivet Vand, idet der til Fordampning af 1 kg Vand medgaar 536 Kalorier. Da Fordampningen fra et voksent Menneske, som nævnt S. 454, gennemsnitligt dagligt andrager c. 1 kg gennem Huden og c. $^1/_2$ kg Vand gennem Lungerne, vil der alene hertil medgaa c. 800 Kalorier; og naar Svedafsondringen endda let løber op til flere Liter Vand om Dagen, stiger Varmetabet proportionalt hermed.

Foruden Tabet gennem Huden (og Lungerne) medgaar der Varme til Opvarmning af kolde Fødemidler og den udaandede Luft til Legemets Temperatur samt ved Frigørelsen af den luftformige Kulsyre under Aandedrættet m. m. Det samlede Varmetab kan f. Eks. opgøres saaledes:

Ved Straaling og Ledning fra Legemets Overflade	1600	Kalorier
Til Fordampning af Vand	800	—
Til Opvarmning af Føden	50	—
Til Opvarmning af den indaandede Luft.....	70	—
	ialt 2520	Kalorier

Vigtigt for Organismen er det, at den indenfor ret vide Grænser er i Stand til at regulere sit Varmetab gennem et særligt Nervecentrum, der f. Eks. kan formindske det ved en Sammentrækning af Hudens fine Blodkar og forøge det ved Svedafsondring. Og naar det har været Mennesket muligt at leve under saa forskellige klimatiske Forhold, staar dette dels i Forbindelse med denne naturlige Evne til Varmeregulering og dels med, at det yderligere har kunnet understøtte denne ved Variationer i sin Beklædning.

Hvad der dernæst lægger størst Beslag paa den producerede Energi, er det fysiske Muskelarbejde, som Mennesket bevidst og ubevidst altid udfører. En Del af dette foregaar jo altid uvilkaarligt, som Hjærtets, Blodkarrenes og Tarmenes Sammentrækninger, og den Energi, der herved anvendes, omsættes igen

til Varme, der som saadan forlader Legemet. Dette gælder naturligvis alt det mekaniske Arbejde, der foregaar i det Indre af Legemet. Men en stor Del ydre Arbejde binder Energi, der tabes paa anden Maade. Da det ofte er vanskeligt at drage Grænsen mellem indre og ydre Arbejde, vil vi her udelukkende se paa, hvor megen Energi der medgaar til bestemte fysiske Arbejder i Almindelighed.

En fysisk Arbejdsydelse maaler man i Kilogrammeter eller den Mængde Energi, der skal til for at løfte en Byrdepaa 1 Kilogram 1 Meter, i Hestekræfter o. l. Varmeækvivalentet for en Kilogrammeters Arbejde er $^1/_{425}$ Kalorie, eller man kan omvendt ved 1 Kalorie udføre et Arbejde paa 425 Kilogrammeter, f. Eks. løfte en Vægt paa 425 Kilogram 1 Meter i Vejret. Til at holde Legemet oprejst (uden andet Arbejde), til at gaa og løbe, navnlig opad, til Arbejde med Hænder og Arme, med Tyggeredskaber o. s. v. medgaar der dagligt adskillige Tusinde Kilogrammeter, som vi herefter altsaa ogsaa kan udtrykke ved mindre Tal i Kalorier.

Eksempelvis skal anføres, at til at gaa 1 Kilometer (1000 Meter) med en Hastighed af 75 Meter i Minuttet henad en horizontal Vej bruger et Menneske paa 80 Kilogram (efter Leo Zuntz) 44 Kalorier eller udfører et Arbejde paa 18700 Kilogrammeter, og hvis Vejen steg med 100 Meter, vilde han bruge 60 Kalorier (25500 K.-M.). Hvis Hastigheden stiger mellem 60 og 100 Meter pr. Minut, vokser Kalorieforbruget med 2,4 Kalorier pr. Meter ved 1000 Meter, og ved større Hastighed endnu mere. Saaledes vil den stigende Hastighed under Cyklekørsel ogsaa medføre et stærkt forøget Kalorieforbrug. Ud over det Forbrug, der finder Sted under Hvile, fandt Leo Zuntz for en Cyklerytter paa 70 Kilogram et Merforbrug af:

183	Kalorier	ved en	Hastighed af	9	Kilometer pr. Time
313	—	—		15	— —
571	—	—		22	— —

Ti det gaar her som før omtalt for Dampmaskiners Vedkommende, at Tabet af Energi, der ikke omsættes i mekanisk Arbejde, bliver des større, jo større Bevægelseshastigheden er. Naar ligeledes en jævn Arbejders daglige Ydelse kan anslaaes til c. 100000 Kilogrammeter[1]), skulde der hertil egentlig kun medgaa 235 Ka-

[1]) Meget strængt Arbejde kan naa op til 3—400000 Kilogrammeter om Dagen.

lorier, men hans Kalorieforbrug vil i Virkeligheden stige med c. 1200 Kalorier. Et Menneske, der ikke er vant til fysisk Arbejde, vilde endda bruge endnu flere Kalorier, medens en trænet Arbejder eller Sportsmand vilde kunne sætte de 1200 Kalorier betydeligt ned. Hvor økonomisk den menneskelige Maskine arbejder, afhænger da meget af Øvelse, men synes ogsaa i høj Grad at staa i Forbindelse med en fornuftig Sammensætning af Føden (med ikke for store Mængder af Æggehvidestof).

Til mange af de kemiske Arbejder, Opbygningsprocesserne eller Synteserne, medgaar der ogsaa Energi, som i flere Tilfælde kan beregnes af de dannede Produkters Forbrændingsvarme. Saadanne Synteser foregaar altid baade i den dyriske og Planternes Organisme jævnsides med Nedbrydningsprocesserne, men hos Dyrene og de bladgrøntfrie Planter er de sidste altid overvejende, medens Synteserne som Helhed er overvejende i de bladgrøntførende Planters Liv, fordi disse til Kulsyreassimilationen kan hente Energi fra en specifik Kilde, Sollyset. Som Eksempel paa Synteser i den dyriske Organisme, der er forbundne med Energibinding, kan nævnes Dannelsen af Æggehvidestoffer af de Spaltningsprodukter af disse, der opstaar under Fordøjelsen, endvidere Dannelsen af Fedtstof paa Bekostning af Kulhydrater, Dannelsen af Urinstof af kulsur Ammoniak o. s. v. — I de yngre Aar, under Opvæksten, er Energiforbruget til saadanne Synteser naturligvis forholdsvis stort, men det udgør dog altid kun en mindre Del af Legemets daglige Energiforbrug.

Den Energi, der anvendes til andre Livsvirksomheder, er vanskeligere at maale. Men man ved dog, at Funktioner som Produktion af Lys (hos selvlysende Bakterier, Svampe og Planktonorganismer) eller af Elektricitet (der findes altid elektriske Spændingsforskelle mellem enkelte Organer i den levende Organisme, derimod ikke i den døde) altid staar i Forbindelse med Stofnedbrydning og specielt med Aandedrættet. Ved saadant Arbejde som det psykiske er det hidtil ikke lykkedes at paavise Forskelligheder i Kalorieforbruget efter dets Intensitet; Speck har saaledes ikke kunnet paavise nogen som helst Forøgelse i Iltningsprocesserne under strængt aandeligt Arbejde, og Benedict ingen Forøgelse i Varmeproduktionen hos Studenter, der sad og læste til Eksamen i hans Kalorimeter. Men at psykisk Arbejde ogsaa kræver sit Energiækvivalent eller i hvert Fald er forbundet med Stofomsætninger, antages dog for givet; kun er det her saa van-

skeligt at finde Enheder til Maaling af det aandelige Arbejde, hvorefter man kan bestemme et saadant Ækvivalent.

Forøvrigt medgaar der jo saa Energi til alle de Livsvirksomheder, vi i det følgende skal behandle, som Vækst, Formering, Sansning o. s. v., der alle er Resultatet af en med Stofnedbrydning forbunden Energiomsætning. Men vi vil under Behandlingen af disse Funktioner ikke mere beskæftige os med den energetiske Side af dem, da den i Regelen foreløbig er alt for lidet oplyst, idet vi maa nøjes med Henvisning til de almindelige Bemærkninger, der er fremsatte herom i nærværende Afsnit.

Organismernes samlede Energiforbrug under hele Livsløbet. De fleste Organismer, men dog ikke alle (se S. 25), har jo som bekendt en begrænset Levetid af meget forskellig Længde hos de forskellige Arter. Og indenfor Livsløbet kan der f. Eks. hos Pattedyrene tydeligt sondres mellem flere Perioder som Fostertiden, Barndoms- og Ungdomstiden, Modenhedstiden og Alderdommen, der naturligt afsluttes med Døden. I disse forskellige Perioder er Energiforbruget, som nævnt S. 489—90, ret forskelligt, og efter at man har udregnet det pr. Døgn i de forskellige Perioder, laa det nær at gøre et Forsøg paa ogsaa at udregne det for længere Tidsrum, ja, for hele Levetiden.

Det er et saadant Forsøg, Max Rubner har gjort for en Del Pattedyrs Vedkommende, og hvorved han er kommen til højst interessante Resultater, som vel ikke prætenderer nogen større Nøjagtighed, da den Slags Beregninger støder paa mange Fejlkilder, men som alligevel fortjener den største Opmærksomhed paa Grund af de mærkelige lovmæssige Forhold, der her synes at gøre sig gældende. Rubner mener da bl. a. ogsaa herigennem at have givet en mere bestemt Formulering end den hidtil gængse af Begrebet Alder, som han tager relativt for hver enkelt Arts Vedkommende, idet han udtrykker det energetisk i Stedet for i Tid. Han har saaledes bestemt Tilvæksten og det dertil benyttede Antal Kalorier saavel i selve Fostertilstanden som efter Fødselen og f. Eks. beregnet, hvor mange Kalorier der medgaar til Fordobling pr. Kilogram af Legemsvægten hos Nyfødte, hvorved han kom til de i Tabellen øverst paa næste Side anførte Resultater.

Medens alle de nævnte Pattedyr undtagen Mennesket saaledes bruger en omtrent til deres Størrelse svarende Tid til at fordoble deres Vægt, ser vi det mærkelige Forhold, at de hertil alle anvender saa at sige det samme Antal Kalorier pr. Kilo og den

Til Fordobling af sin Vægt efter Fødselen anvender	Dage	Kalorier pr. Kilo af Legemsvægten	I Procent af de med Føden optagne Kalorier
Kaninen	6	5066	27,7
Katten	9	4554	33,3
Hunden	9	4304	34,9
Svinet	14	3754	40,0
Faaret	15	3926	38,2
Koen	47	4243	33,1
Hesten	60	4512	33,3
Mennesket	**180**	**28864**	**5,2**

samme Procentmængde af de med Føden indtagne Kalorier. Men kun Mennesket, der bruger en uforholdsmæssig lang Tid til sin Fordobling af Legemsvægten, maa hertil have c. $^1/_6$ af dets Fødes Indhold deraf.

Mennesket har nu ogsaa en betydelig længere Udviklingstid, før det naar det fuldvoksne Stadium, og efter dette lever det desuden forholdsvis meget længere end de andre Dyr. Ganske vist er Tallene for de forskellige Dyrearters gennemsnitlige normale Levetid, naar de dør en naturlig Død af Alderdom, endnu ret usikker, men RUBNER mener med tilnærmelsesvis Nøjagtighed at kunne fastsætte nedennævnte Tal. Og idet han regner med lignende Gennemsnitstal for deres omtrentlige Legemsvægt, har han udregnet, hvor mange Kalorier en Gruppe Dyr af meget forskellig Levetid og Vægt benytter pr. Kilo i den Tid af deres Liv, der falder, efter at de har naaet det fuldvoksne Stadium. Han finder da:

For	Vægt	Levetid	Ungdomstid	Efter at det udvoksede Stadium er naaet	
				lever	forbruger i Kalorier pr. Kilo
Hesten	450 kg	35 Aar	5 Aar	30 Aar	163900
Koen	450 -	30 -	4 -	26 -	141070
Mennesket	**60 -**	**80 -**	**20 -**	**60 -**	**725800**
Hunden	22 -	11 -	2 -	9 -	164000
Katten	2 -	9,5 -	1,5 -	8 -	223800
Marsvinet	0,6 -	6,7 -	0,6 -	6,1 -	265000

Her viser det sig altsaa, at ogsaa efter at Mennesket har naaet det udvoksede Stadium, indtager det en Særstilling med Hensyn til Levetidens Længde og Kalorieforbruget, medens de andre Dyr til Trods for de store indbyrdes Forskelligheder i Levetidens Længde igen viser omtrent samme Kalorieforbrug pr. Kilo Legemsvægt. Hos de smaa Dyr med den ringe Legemsvægt og den korte Levetid staar Kalorieforbruget altsaa ikke tilbage for, men

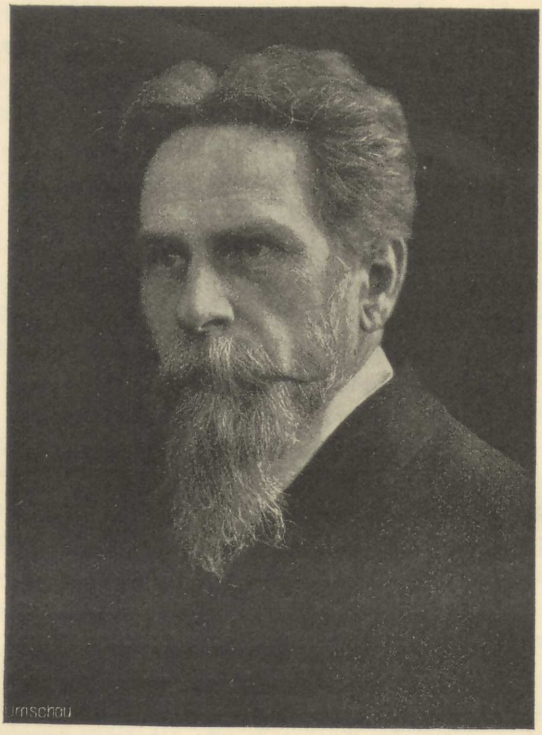


Fig. 126. MAX RUBNER, f. 1854 i München. Berømt Fysiolog. 1887 Prof. i Marburg, 1891 Robert Kochs Efterfølger som Prof. i Hygiejne og 1909 Th. Engelmanns Efterfølger som Prof. i Fysiologi ved Universitetet i Berlin. Skrev 1889—90 en udmærket Lærebog i Hygiejne og har leveret talrige videnskabelige Arbejder over hygiejniske og ernæringsfysiologiske Spørgsmaal, af hvilke »Biologische Gesetze« (1887), »Die Gesetze des Energieverbrauchs bei der Ernährung« (1902), »Beitrag zur Ernährung im Knabenalter« (1902), »Volksernährungsfragen« (1908), »Kraft und Stoff im Haushalte der Natur« (1909) hører til de mest kendte. Han maa f. T. anses for en af de betydeligste Forskere indenfor Ernæringsfysiologien, som han paa mangfoldige Maader har fremmet ved sine ualmindelig grundigt udførte Arbejder og eksakte Undersøgelsesmetoder.

snarere noget højere end hos de større Dyr med den forholdsvis lange Levetid og store Legemsvægt. Det synes derfor, siger RUBNER, som om Bionternes Levetid er nøje knyttet til Forbruget af en bestemt Energimængde, der er omtrent den samme hos alle de nævnte Dyr undtagen Mennesket, og at denne derfor giver et langt mere rationelt og virkelig kvantitativt Udtryk for deres Alder end en Tidsbestemmelse.

Interessant vilde det nu have været, om ogsaa et Dyr som Elefanten med dens lange Levetid, langsomme Udvikling og store Legemsvægt havde været inddraget i disse Undersøgelser, og RUBNER selv peger ogsaa paa, hvor stor Interesse det vilde have fra et udviklingshistorisk Synspunkt at faa lignende Undersøgelser anstillede med de menneskelignende Aber, af hvilke han ikke har haft Materiale til Disposition. Men alt i alt har han dog naaet at vise os, at Mennesket fra Naturens Side har faaet en meget begunstiget Stilling blandt andre af dets nærmeste Slægtninge, Pattedyrene, og at dets forholdsvis lange Levetid og usædvanligt store Energiforbrug sandsynligvis ogsaa har en nøje Tilknytning til dets højt udviklede Intelligens og andre Fortrin fremfor Dyrene.

4. Formskifte. Vækst og Bevægelser.

Ved Beskrivelser af de levende Væseners Udseende maa det ofte meget nøje angives, hvilket Stadium i deres Levetid Beskrivelsen gælder, i hvilken øjeblikkelig Tilstand eller under hvilke ydre Kaar de befinder sig, eller der maa til Karakteriseringen af en Art gives flere Beskrivelser af, hvorledes den ser ud under forskellige Forhold. En Sommerfugl er saaledes ganske forskellig, eftersom den befinder sig i Larve- eller Puppestadiet, eller den er fuldt udviklet som kønsmodent Insekt; Aalelarverne er i Form udpræget forskellige fra de smaa Glasaal og de voksne Aal; mange paa Havbunden fastsiddende Dyr har i deres første Levetid svømmet frit omkring i Vandets overfladiske Lag og da haft en helt anden Legemsform og andre Organer, end de senere faar; Haletudserne er jo ret forskellige fra de udvoksne Frøer; og de fleste Kimplanter har anderledes formede Blade end dem, der senere karakteriserer Arten; mange Organismer optræder med forskelligt Udstyr paa forskellige Aarstider eller under forskellige Himmelstrøg o. s. v. Kort sagt en større eller mindre Forander-

lighed i ydre Form er noget, der præger den levende Natur i højeste Grad, hvorfor man jo ogsaa som bekendt kalder stadigt skiftende Billeder for »levende«.

Det gamle græske Udtryk *πάντα ῥεῖ* ɔ: alt flyder, gælder her mere end noget andet Steds i Naturen, og derfor er det ofte saa vanskeligt at faa nøjagtige Beskrivelser eller Maal, som er almengyldige, af de levende Væsener. Strængt taget giver da kun Øjebliksbilleder fuldt troværdige Gengivelser af dem, og ofte er derfor en Række saadanne nødvendige til at danne et Helhedsbillede af en Art.

Disse Formforandringer kan nu være af mere varig og lovbunden Art, eller de kan være forbigaaende, knyttede til Bevægelser, som Organismen er i Stand til at udføre indenfor korte Tidsrum, eller bestemte af vekslende ydre Kaars Paavirkning. Til de første hører dem, der er en Følge af Vækst og Udvikling, der viser sig at være præget af en udtalt Lovmæssighed, saaledes at Udviklingen indenfor samme Art foregaar efter en bestemt Plan, ifølge arvelige Anlæg, der fra Forældrene eller »Forælderen« er nedlagte i hvert Individ, og paa kvilke ydre Kaar i Regelen kun i meget begrænset Grad kan gribe modificerende ind. Og hvor saadanne Indgreb dog er saa betydelige, at de paa afgørende Maade præger Individet under dets Udvikling — alt efter Artens større eller mindre Plasticitet — har man hidtil kun faa og mest tvivlsomme Eksempler paa, at de ogsaa er i Stand til at ompræge selve Arten i de følgende Generationer (se herom senere under »Arvelighed og Variation«). I alle Tilfælde foregaar disse sidste Formforandringer overordentlig langsomt i Sammenligning med dem, der kan finde Sted hos selvbevægelige Organismer og navnlig saadanne, der mangler et fast Skelet. Som Eksempler herpaa behøver vi blot at minde om Amøber, Hydroidpolyper, Søanemoner, Søpølser, Orme, Snegle o. s. v., der ved øjeblikkelige Sammentrækninger eller Inddragning af bestemte Organer helt kan skifte Udseende og Form; eller Fuglene, der ved under Flugten at udspile deres Vinger og trække Benene ind under Kroppen ser ganske anderledes ud, end naar de sidder sammenkrøbne paa en Gren.

Visse Bevægelser, bl. a. mange af dem, som fastsiddende Planter udfører, er imidlertid Resultatet af en Vækst, og naar vi derfor nu vil forsøge at give en Oversigt over nogle af de vigtigste typiske Formforandringer indenfor den levende Natur samt en Forklaring paa, hvorledes de kommer i Stand, er det naturligt at begynde med Vækstfænomenerne.

Vækst.

Evnen til at vokse eller forøge sin Masse er noget overordentlig karakteristisk for det levende Stof. Men man taler dog ogsaa om Vækst hos livløse Stoffer som Krystaller, Taager (Skyer) og andre Væskemasser, der forøges ved Fortætning af Dampe, idet man simpelthen tænker paa en Masseforøgelse og herom bruger et billedligt Udtryk, hentet fra den levende Natur.

Imidlertid er der en Væsensforskel mellem det levende og det livløse Stofs Vækst, idet der for det førstes Vedkommende ikke som ved det sidstes Vækst alene er Tale om en Masseforøgelse som Følge af en Ændring i den fysiske Tilstandsform (fra flydende til fast, fra luftformig til flydende eller omvendt), men tillige om — ofte endda gennemgribende — kemiske Forandringer, hvorunder der af et simplere Raamateriale dannes Stoffer af samme Art som noget allerede eksisterende, og disse nydannede Stoffer samtidig bliver forlenede med de mange — tildels ukendte — Egenskaber, hvoriblandt f. Eks. ogsaa en ganske ejendommelig fysisk Struktur, som det levende Stof besidder fremfor det livløse. Under det levende Stofs Vækst sker der en Assimilation, som vi tidligere nærmere har karakteriseret (se S. 441—48), og man kunde da ogsaa betegne dets Vækst som en Masseforøgelse ved Levendegørelse af livløst Materiale, selv om der hermed ikke gives nogen egentlig Forklaring paa Fænomenet.

I flere andre Henseender er der desuden Forskel paa det levende og det livløse Stofs Vækst. Krystaller vokser f. Eks. paa den Maade, at der simpelt hen aflejres nye Dele uden paa de ældre, ved saakaldet Apposition. Tilsyneladende foregaar Væksten i visse Tilfælde paa en lignende Maade under det levende Stofs Vækst, men sandsynligvis er Forholdet dog her langt mere indviklet, og i Regelen sker Væksten ved Indlejring af nye Smaadele imellem de allerede eksisterende, ved saakaldet Intussusception, hvis Mekanik vi forøvrigt endnu ikke sikkert kender. Dertil kommer, at det levendes Vækst kun foregaar under ganske bestemte ydre Betingelser, som ved en passende Temperatur, i Regelen under Tilstedeværelsen af fri Ilt, ved en bestemt Vandholdighed o. s. v. eller under samme ydre Kaar som Livsvirksomhed i Almindelighed, medens f. Eks. Krystallernes Vækst fortrinsvis foregaar ved lave Temperaturer (omkring Frysepunktet eller derunder), uafhængigt af fri Ilt og bedst ved saa ringe Vand-

holdighed (ɔ: under saa stærke Koncentrationer) som muligt. Dette tyder paa, at det er Processer af helt forskellig Natur.

Men forøvrigt er der endnu flere Ejendommeligheder ved det levendes Vækst, som vil fremgaa af den følgende Fremstilling, og som vil vise os, hvor komplieeret det hele Fænomen er baade i sin ydre Fremtoning og i dets Afhængighed af forskellige Faktorer.

Skal vi forstaa blot de grovere Træk i Vækstens Mekanik hos det levende, maa vi altid søge tilbage til Cellen eller dennes enkelte Bestanddele, og her vil da de ydre Fremtoninger i Væksten kunne arte sig forskelligt efter dennes Bygning. Navnlig vil der være en ret gennemgribende Forskel mellem de almindelige Plantecellers og Dyrecellers Voksemaade. De første er nemlig som oftest omgivne af en fast Væg, som de sidste kun undtagelsesvis besidder (se S. 50 og 56—57), og da Plantecellens Væg efter Vækstens Afslutning i Regelen dør, men den da til Gengæld ofte er bleven bygget op af et saa resistent Materiale, at den kan blive ved at bestaa ret uforandret, saa længe Organismen iøvrigt lever, kommer den til at danne et Skelet, uden paa hvilket den levende Del af Organismen bygger videre, medens de dyriske Celler i Regelen ikke afsætter saadant Materiale, som de selv eller andre Celler ikke igen vil kunne resorbere, og hvorved Organismen som Helhed senere vil kunne formindske saavel sin Masse som sit Rumfang. Ti selv hvor Dyrene har et fast indre Skelet, som Hvirveldyrene, bestaar dette dog altid af levende Celler, og de andre Væv, der udgør Hovedmassen af Legemet, bestaar enten af helt nøgne Celler eller af saadanne, der er omgivne af yderst forgængelige, tynde, bløde Hinder. En større Lighed med Planternes Voksemaade træffer vi hos de Dyr, der har et ydre Skelet, som mange Led- og Bløddyr, men ogsaa hos disse er dog Størsteparten af Legemets Celler uden fast Støttevæg.

I Almindelighed forstaar man ved Vækst en blivende Rumfangsforøgelse (forbigaaende Rumfangsforøgelse kan f. Eks. være Følgen af en Vandoptagelse ved Udbulning og Osmose), men en saadan bebøver hos Planterne ikke at være betinget af en Masseforøgelse, idet Rumfanget af Cellen og Organismen i sin Helhed er betinget af en Forøgelse af Cellevæggens Flade, og denne kan ske paa Bekostning af Celleindholdet, ja endog under Forhold, hvor Organismen eller Cellens samlede Stofmasse formindskes. Noget lignende kan vel tænkes at finde Sted hos Dyr med ydre Skelet, men hos alle andre — saavel som hos nøgne

Planteceller — maa den blivende Rumfangsforøgelse være nøje knyttet til en Masseforøgelse eller til Optagelse af Stof enten udefra eller fra andre Celler, der saa i tilsvarende Grad maa formindske deres Rumfang og Masse.

Idet Planternes ofte meget store døde Stofmasse (Celler, der kun bestaar af Vægge) bliver ved at staa i organisk Forbindelse med de levende Dele og udfører Funktioner af største Betydning for disse, f. Eks. som afstivende og ledende Væv, medens den dyriske Organisme i Regelen enten afstøder eller resorberer de Væv, der dør, bliver der ogsaa en væsentlig Forskel mellem Planternes og Dyrenes Vækst. Hos de første vokser tillige Organismen som Helhed, saa længe Livet varer, og kun afbrudt af visse kortere eller længere Hvile- og Dvaleperioder, men hos de sidste afslutter den som oftest sin Vækst efter nogen Tids Udvikling og lever da omtrent uforandret — hvad den ydre Form angaar — videre, indtil Døden indtræder. Dog er det ikke saadan, at al Vækst er indstillet hos Dyrene, naar det udvoksede Stadium først er naaet. Enkelte Organer eller Væv, nemlig saadanne, der som Huden, Haar, Kløer og Negle, Slimhinder o. s. v. er meget udsatte for Slid eller Beskadigelser, vokser enten bestandig (Haar og Kløer), eller naar de skal erstatte tabte Dele, og undertiden kan der ske en sygelig, lokal Vækst (af Hjerte, Svulster o. l.) ved saakaldet Hypertrofi (se S. 322); men Skelettet og Nervesystemet vil hos Hvirveldyrene normalt have mistet deres Evne til Vækst og Nydannelser, naar Organismens samlede Vækst er afsluttet. Før dette Tidspunkt vokser imidlertid alle Celler i den dyriske Organisme nogenlunde ligeligt, men hos Planterne er Væksten næsten altid lokaliseret til bestemte Vækstpunkter[1]), hvor der findes delingsdygtige Celler

[1]) En saadan lokaliseret Vækst kan vi vel ogsaa finde hos Dyrene, men her kun under Fostertilstanden (i det embryonale Stadium), hvor de enkelte Organer anlægges fra en oprindelig meget simpel Kimblære eller Gastrula. Men naar der da fra denne er dannet en Organisme »en miniature« med alle den fuldtvoksnes Organer færdigt udviklede, hører den lokaliserede Vækst normalt op eller indskrænkes til saadanne Processer som Væksten af Hud, Haar, Negle o. l. eller til Dannelsen af de primære og sekundære Kønsorganer, der ikke medfører nogen nævneværdig Forøgelse af den samlede Organismes Rumfang og Masse, medens en saadan derefter i Hovedsagen naaes ved en ligelig Vækst af alle Organer fra Fostertidens Afslutning, til det udvoksede Stadium er naaet (se ogsaa S. 69—70).

(Dannelses- eller Delingsvæv), medens en Mængde andre levende Celler normalt hører op med at dele sig og vokse, naar de har opnaaet en vis Størrelse. Dette sidste gælder en stor Del af Planternes saakaldte Grundvæv, levende Parenkymceller i Marv, Ved, Bark, Blade o. s. v., der kun under ekstraordinære Forhold, ved Beskadigelser (ligesom Muskel- og Bindevæv), viser, at de har bevaret deres Vokseevne ved da som Kallus at begynde Vækst og Delinger for at erstatte tabte Dele (Regeneration). Vækstpunkterne er gerne beliggende i Spidsen af Stængler og

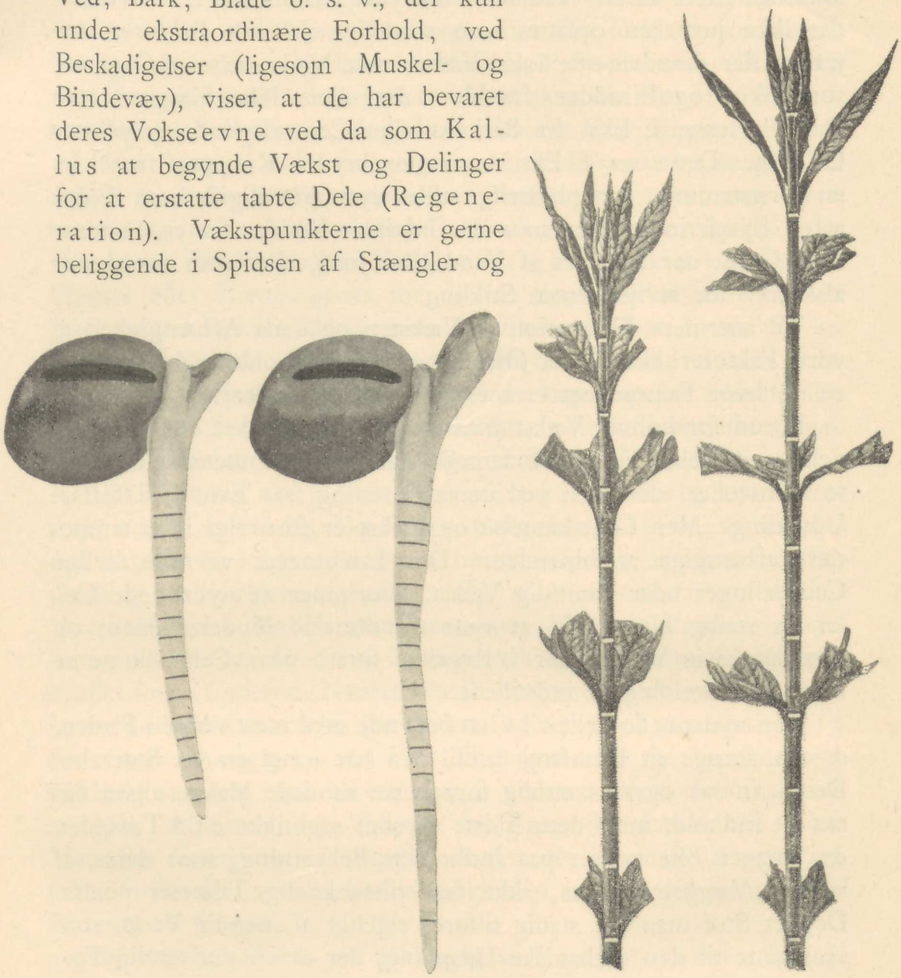


Fig. 127. Viser Længdevækstens Lokalisation i Spidsen af Rødder (af Bønnevikke *Vicia Faba*) og Stængler (af Fredløs, *Lysimachia vulgaris*). Mærkerne er afsatte med lige lange Mellemrum, men efter et Døgns Forløb (ved 25°) har de, der ligger lige bagved Rod- og Stængelspidsen, forskudt sig ret betydeligt, fordi der her sker den største Længdevækst, medens de, der er afsatte længere tilbage, har beholdt deres indbyrdes Afstand uforandret.

Rødder (se Fig. 127 og Fig. 27 S. 51), men hos de Planter (Naaletræer og Tokimbladede), der har sekundær Tykkelsevækst, ligger der tillige et cylindrisk Vækstlag, Kambium, mellem Bark og Ved, hvorfra der da baade indadtil og udadtil dannes nye Dele, saalænge Livet varer. Ved bestemte ydre Paavirkninger, Pirringer, der ikke just kan opfattes som skadeligt virkende Faktorer, optræder der desuden ofte lokal Vækst, med Nydannelse af Organer, som Skud og Birødder, fra Væv, der ellers ikke fungerer som Dannelsesvæv, f. Eks. fra Barkens eller Centralcylindrens yderste Cellelag. Dette ses f. Eks., naar der bryder Knopper frem fra en Træstamme, der pludselig stilles lyst (rimeligvis som Følge af en Lyspirring), eller naar der udvikles Rødder fra en Stamme eller Gren, der omgives af Vand eller Jord, eller som maaske er afskaaren for at tjene som Stikling.

Til nærmere Illustration af Væksten og dens Afhængighed af ydre Faktorer skal vi et Øjeblik se paa Forholdene hos Planteceller, hvor Fænomenet er mest indgaaende studeret.

Forud for enhver Vækst maa der altid være sket en Celledannelse ved Deling af en Modercelle eller ved Sammensmeltning af to Kønsceller, der først ved deres Forening faar Evnen til fortsat Udvikling. Men Celledannelse og Vækst er forøvrigt ikke temporært afhængige af hinanden. Der kan meget vel ske livlige Celledelinger uden samtidig Vækst, hvorunder de nydannede Celler da stadig bliver ved at være mindre end Modercellerne; og den stærkeste Vækst sker i Regelen først, naar Celledelingerne helt eller foreløbig er indstillede.

Den nydannede Celle vil til at begynde med mest vokse i Fladen, d. v. s. forøge sit Rumfang, indtil den har naaet en vis Størrelse. Den kan saa ogsaa samtidig forøge sin samlede Masse, altsaa ogsaa sit Indhold, men dette sidste er som sagt ikke altid Tilfældet, da Væggen ofte vokser paa Indholdets Bekostning, naar dette, af hvilket Væggen dannes, ikke faar tilstrækkelig Tilførsel udefra. Dog et Stof maa der stadig tilføres rigeligt af, nemlig Vand, som skal tjene til den mekaniske Udspiling, der er en nødvendig Forudsætning for Fladevæksten. Men de faste Stoffers Masse behøver ikke at tage til; de kan tværtimod i betydelig Grad tage af, fordi der i voksende Celler altid foregaar et meget livligt Aandedræt. Fladevæksten sker altid i et bestemt Tempo, først langsomt, men med stigende Hastighed, indtil et vist Punkt er naaet, hvorefter den igen tager af. Og saaledes foregaar den ogsaa hos Organer

i sin Helhed, efter den store Vækstkurve. — Naar Fladevæksten, der altid foregaar ved Intussusception, er standset, kan en Tykkelsevækst af Cellevæggen tage fat; og her synes ofte Lag at lægge sig paa Lag indadtil i Cellerummet, hvilket kunde tænkes at ske ved Apposition; men der kan ogsaa ske en Fortykkelse af den ydre Del af Cellevæggen, som kun kan forklares ved Intussusception, fordi al Nydannelse sker fra Protoplasmaet. Samtidig med Forøgelsen af Cellevæggenes Masse sker der ofte kemiske Forandringer i den (Forvedning, Forkorkning, Forkisling o. s. v.).

Hvor hurtigt Væksten foregaar, beror dels paa en specifik og meget forskellig Vækstenergi efter Plantearten (saavel som Dyrearten), og dels er den i høj Grad afhængig af en Række ydre Faktorer. Til Maaling af Væksthastigheden kan vi tage hele Planter eller Planteorganer for os, da deres Vækst som Helhed foregaar paa samme Maade som de enkelte Cellers, hvoraf de bestaar. Hastigheden kan da tages relativt i Forhold til den Størrelse, den paagældende Art i det hele taget opnaar indenfor en given Tid, eller den kan tages absolut, udtrykt i bestemte Maal. I begge Tilfælde vil den dog følge de samme Love.

Det viser sig nu, at selv om Vækst i og for sig kan foregaa uden samtidig Næringsoptagelse udefra, vil en saadan naturligvis i Længden være uundværlig og af afgørende Betydning for Væksthastigheden. Og som nævnt vil en rigelig Vandtilførsel i alle Tilfælde være nødvendig, og Vandoptagelsen fremmes i højeste Grad ved Tilstedeværelsen af osmotisk virkende Stoffer inde i Cellerne. Næsten alle Planter, med Undtagelse af nogle lavere saakaldte anaërobe (se S. 102 og 473), vil desuden være i den Grad afhængige af fri Ilts Tilstedeværelse, at Væksten øjeblikkelig standser, hvis de unddrages denne. Dette maa forklares saaledes, at der under Væksten er Brug for forholdsvis store Mængder Energi, som frigøres under det normale Aandedræt. (Om Forholdet mellem Væksthastigheden og Energiforbruget hos Dyrene, se S. 498).

Hvorledes Væksten er afhængig af Temperaturen, er udførligere omtalt S. 131—33 og tillige illustreret ved en Kurve paa Fig. 84,5 S. 127, og Lysets mærkværdige direkte væksthæmmende, men indirekte dog vækstbefordrende, Indflydelse er behandlet S. 165—66 og S. 157—58.

Tilbage staar da kun at nævne, at mange Beskadigelser, foraarsagede enten ved mekaniske Indgreb, ved giftige Stoffer eller

ved Snyltere, kan have en stærkt fremmende Indflydelse paa Væksten, og ofte endda paa Organer, der ikke direkte berøres af den skadelige Faktor. Saar kan f. Eks. fremkalde den før omtalte Kallusdannelse, Afskæring af Rødder kan fremme Væksten af overjordiske Organer, smaa Mængder af Gifte, der i større Mængder virker vækststandsende eller dræbende, kan tværtimod fremskynde Væksten, og Indtrængen af Snyltere fremkalder ofte mærkelige Nydannelser (Galler og andre Hypertrofier). I alle disse Forhold maa vi se den levende Organismes Evne sil at reagere paa Omgivelsernes Indvirkning paa en saadan Maade, at en tilføjet Skade hurtigst muligt afbødes, og Muligheden for yderligere Svækkelse gennem det angrebne Sted undgaaes. Noget ganske tilsvarende træffer vi hos den dyriske Organisme, hvis Vækst hos de koldblodede Dyr vel i det store og hele vil vise samme Afhængighed af ydre Faktorer som Planternes.

Naar den endelige Udformning af Planternes og Dyrenes Legeme ogsaa bliver saa udpræget forskellig, staar dette i den nøjeste Forbindelse med deres forskellige Levevis og navnlig deres Ernæringsmaade. For de bladgrøntførende Planter, hvis Ernæring er afhængig af Lyset og Optagelsen af Luftarter og Næringssalte, der sædvanligvis kun i meget ringe Mængder forekommer i deres Omgivelser, er det af Betydning, at de for det første ikke uddanner tykkere bladgrøntførende Væv (plade- eller traadformede Cellesystemer), end at Lyset ogsaa kan trænge igennem dem, og dernæst, at de i det hele taget frembyder saa stor en resorberende Overflade som muligt overfor Omgivelserne. I Overensstemmelse hermed staar Uddannelsen af det ofte saa overdaadigt udviklede Bladapparat og det vidtomspændende stærkt forgrenede Rodnetsystem hos Planterne. Men Dyrene, der ikke direkte udnytter Lyset, danner i Almindelighed anderledes kompakte Legemsdele (man maa her erindre, at det Indre af en tyk Træstamme bestaar hovedsageligt af dødt Skeletvæv), og idet de som oftest har en særlig Fordøjelseskanal, kan de heri opmagasinere forholdsvis store Mængder af Fødemidler paa en Gang og udnytte disse ved som nævnt S. 430—31 at forøge deres indre fordøjende og resorberende Overflade. Hos ikke grønne Planter som mange Svampe (Paddehatte) og snyltende eller humusfortærende Blomsterplanter, der ikke som Dyrene er i Stand til at udnytte Lysenergien, kan man træffe de overjordiske Organer af en lignende massiv Form og med en relativt ringe Overflade som Dyrenes Legeme.

Bevægelser.

Tidligere opfattede man ofte Bevægelsesevnen som et Særkende for Dyrene og mente endog herved at kunne adskille dem fra Planterne. Men nu har man erkendt, at Evnen til at bevæge sig tilkommer alt levende, og at der i enhver livsvirksom Celle foregaar Bevægelser, der er af Betydning for Livet.

Da vi jo imidlertid ogsaa kender talrige og ofte storslaaede Bevægelser fra den livløse Natur, som Klodernes, Luftens og Vandets Bevægelser, bliver Spørgsmaalet, om disse er væsensforskellige fra dem, der foregaar i den levende Natur. Dette tør vel ikke just paastaaes, idet vi maa tænke os fysiske Aarsager til alle Bevægelser. Men Organismernes Bevægelser er blot langt mere komplicerede og forskelligartede, og vi kender i de fleste Tilfælde slet ikke de dybere Aarsager til, at de kommer i Stand. Disse maa bl. a. søges i en særlig Struktur hos det levende Stof og dets Evne til at omsætte kemisk Energi til mekanisk som Reaktion paa en Paavirkning udefra eller fra Impulser i selve Organismen. Hvordan dette nu end gaar for sig, saa er Bevægelserne som Regel nyttige for de levende Væsener og et ypperligt Middel for dem til at bevare sig, til at skaffe sig Føde, til at forsvare sig mod Fjender og Farer ude i Naturen o. s. v. Og mange saadanne Bevægelser gaar i bestemte Retninger, der ofte er hensigtsmæssige og nyttige for Individerne eller Arterne; de kaldes Instinktbevægelser og kan være forbundne med større eller mindre Grad af Fornemmelse og af Lystfølelse (eller, naar de hindres, af Ulystfølelse). Af dem kan igen Driftsbevægelser og Viljeshandlinger i Ordets snevrere Betydning udvikle sig.

Men flere af de Bevægelser, der udføres af Organismerne, er dog af rent fysisk Art eller af ganske samme Beskaffenhed som de, der kan foretages af livløse Genstande. Dette gælder f. Eks. de S. 198—99 omtalte Udbulningsfænomener, der er Følgen af Overfladekræfters Tiltrækning til Vand, og de modsvarende Skrumpninger og Sprængninger, som kan indtræde ved Fordampning eller Udsugning af Vand fra levende Væv. Men ogsaa disse kan være af den største Betydning for de levende Organismer. Se f. Eks. Fig. 80 S. 118 og S. 197—200.

Imidlertid er det især de Bevægelser, der er baserede paa det levende Stofs Ejendommeligheder, de vitale, der skal beskæftige os her, og af den store Mangfoldighed af Bevægelsesformer vil vi

søge at fremdrage nogle af de mere typiske, grupperede efter den for os synlige Maade, hvorpaa de kommer i Stand. Før vi gaar over til en saadan Inddeling, maa vi dog se lidt paa Bevægelserne i Almindelighed og de Faktorer, der virker udløsende paa dem.

Som alle andre Livsvirksomheder er ogsaa Bevægelserne Cellefænomener, og ved Hjælp af et Mikroskop kan man iagttage en Række af saadanne paa den enkelte Celle. Hos mange encellede Organismer, som de nøgne Amøber (se Fig. 21, S. 47), Slimsvampene, og de med et gennemhullet Kalk- eller Kiselskelet forsynede Rhizopoder og Radiolarier (Fig. 26, S. 51), der udstrækker Protoplasmataaade (Pseudopodier) til Omgivelserne, kan man ikke alene se de livligste Strømninger af de faste Korn inde i Protoplasmaet,

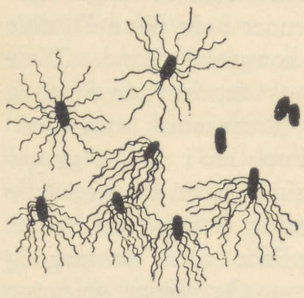


Fig. 128. Tyfusbaciller med lange Svingtraade fordelte over hele Cellens Overflade. 1000 G. forst.

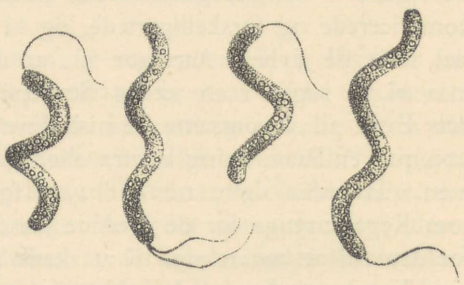


Fig. 129. En Purpursvovlbakterie *(Spirillum sanguineum)* med kraftige Svingtraade i Enden af Cellerne. 600 G. forst.

men hele Cellen skifter ofte Form og foretager ved Hjælp heraf krybende Bevægelser fra Stedet. Noget ganske lignende er Tilfældet med de hvide Blodlegemer, der jo ogsaa vandrer omkring i Organismen (se S. 436). Meget almindelig hos lavere, encellede, Dyr og Planter er tillige de pulserende Vakuoler (se Fig. 18, S. 45), der afvekslende trækker sig sammen (forsvinder) og gendannes paany med meget korte Mellemrum (se S. 43). Livlige Strømninger af forskellig Art (Rotationer og Cirkulationer) foregaar i det med Vægge helt omgivne Protoplasma af mange højere Planters Celler (Fig. 25, S. 50), og Bladgrøntkornene er bekendte for de Bevægelser, hvorved de naar til Steder i Cellerne, hvor der hersker de for dem gunstigste Lysforhold. Talrige Celler er udstyrede med særlige Bevægelsesorganer, som Svingtraadene (Cilierne) hos Bakterier (Fig. 71, S. 95), Flagellater (Fig. 20, S.

46), Sværmsporer af Alger og Svampe samt Sædlegemer, eller Fimrehaar paa Infusionsdyr (Fig 18, S. 45 og Fig. 67, S. 77) og Epithelceller (Fig. 29, S. 54) af højere Dyr. Og allerede hos Infusionsdyrene kan vi træffe en Del af Protoplasmaet uddannet som kontraktil Substans, der kan trække sig sammen som Muskelcellerne hos højere Dyr. Hos disse har vi saa forøvrigt Celler, der er særligt uddannede som Bevægelsesorganer (glatte og tværstribede Muskler, se Fig. 32, S. 55), og som ved at virke sammen i hele Muskelvæv med nøje Tilknytning indbyrdes, til Skeletdele, Nervesystemet og andre Væv bliver Midler til at udføre særlig kraftige, hurtige og forskelligartede Bevægelser. Hos de fleste Dyr udgør da ogsaa Muskelvævene aller Størstedelen af den samlede Legemsmasse. Det bør dog ogsaa her nævnes, at Elasticiteten hos Væggene af mange levende Planteceller har stor Betydning for de Bevægelser, der udføres ved Variationer i disse Cellers Saftspænding.

De paagældende Iagttagelser forklarer imidlertid intet om Aarsagerne til, at Bevægelserne i Cellerne kommer i Stand. Og om den ejendommelige Struktur i Protoplasmaet, som er en af Betingelserne herfor, ved vi foreløbig intet. Dets kemiske Sammensætning giver nemlig ingen tilfredsstillende Forklaring, som nogle Forskere (Berthold, Quincke og Bütschli) har ment. Ved at lade Vand og smaa Draaber af oljeagtige Stoffer berøre hinanden kunde de fremkalde lignende Strømninger og udvortes Formforandringer som dem, der kan iagttages hos Amøber og Protozoër med Pseudopodier. Men da Protoplasmaets kemiske Sammensætning er langt mere indviklet, og der under Livsvirksomheden foregaar de mest forskelligartede Omsætninger i det, vil slige Eksperimenter i det højeste blot kunne forklare ganske enkelte og meget simple Bevægelser og slet ikke saadanne, der udføres ved Hjælp af Cilier eller ved Sammentrækning af Muskelfibriller o. l.

Vi maa da indtil videre nøjes med billedlige Forklaringer og i Stedet for mekaniske Forhold sætte et i sig selv intetsigende Begreb som den Sum af Egenskaber hos det levende Stof, vi kalder dets Irritabilitet, Modtagelighed eller Følsomhed overfor forskellige Paavirkninger (Irritamenter) som Varme, Lys, Elektricitet, mekaniske og kemiske Kræfter o. s. v. Denne giver sig Udslag deri, at der ved et Pirringsmiddel af en eller anden Art udløses Reaktioner, Energiomsætninger, der ledsages af kemiske Processer, elektriske Fænomener, Bevægelser m. m. Pirringsmidlet

leverer hertil i Regelen ingen Energi, men det fremkalder en Frigørelse af den i det levende Stof bundne Energi og bevirker dennes Udnyttelse paa en bestemt Maade.

Nu er det dog ofte saadan, at det ikke er samme Celle eller Organ, der modtager (er følsom for) en udefra kommende Pirring, og som udfører Reaktionen, der er Svar paa denne. Pirringen kan nemlig tit ledes fra et Organ til et andet, hvilket vi i næste Afsnit (under »Sansning«) igen vil komme tilbage til, og dette er netop Tilfældet med mange Bevægelser, der indiceres fra særlige Sanseorganer.

Hvorvidt en Pirring kommer i Stand, afhænger dels af de modtagende og reagerende Organers øjeblikkelige Tilstand og de ydre Kaar, dels af den Styrke, hvormed Pirringsmidlet virker. De første kan nemlig undertiden f. Eks. paa Grund af for lav eller for høj Temperatur, under Indvirkning af Gifte o. l. blive ufølsomme eller ude af Stand til at udføre Reaktionen, og den Intensitet, hvormed Pirringsmidlet skal virke, bestemmes igen herefter. Under en vis Styrke virker det slet ikke, men over denne kan det fremkalde forskellige Reaktioner, f. Eks. Bevægelser i modsatte Retninger, dels efter den øjeblikkelige Følsomhed hos det pirrede Organ, dels efter dets egen Intensitet. Bevægelser, der gaar i Retning af Pirringsmidlet, kaldes positive, saadanne, der gaar i modsat Retning, negative, og hvorvidt en Organisme eller et Organ udfører Bevægelser i den ene eller den anden af disse Retninger, naar det udsættes for en bestemt Pirring, retter sig efter, hvad man kalder deres øjeblikkelige Stemning overfor denne. Det er nu gerne saadan, at Organismerne er stemte paa en for dem nyttig Maade overfor de Pirringsmidler, de sædvanlig bliver paavirkede af i Naturen, saa de i deres Følsomhed overfor og Evne til at reagere paa disse har fortrinlige Midler til at værge sig mod Farer og til paa bedste Maade at udnytte de Betingelser, under hvilke de lever.

Idet vi nu vil søge at give en Oversigt over de vigtigste Bevægelser, der foregaar i den levende Natur, ordnede efter Maaden, paa hvilken de kommer i Stand, og efter de Kræfter, som udløser dem, kan der her ikke blive Tale om at give en nærmere Beskrivelse af de enkelte, men vi maa nøjes med ved denne Sammenstilling at lade dem belyse hinanden indbyrdes. Det, der her bliver Hovedsagen, er at indordne Bevægelser fra de forskelligste Organismer under fælles Synspunkter og derigennem paavise store fælles Love ogsaa paa dette Omraade af Livet.

1. Bevægelser fra Stedet eller selvstændige, autonome, Bevægelser. Det er navnlig den Slags Bevægelser, man har ment, at Dyrene alene skulde være i Besiddelse af, og som derfor skulde kunne benyttes til Adskillelse af de smaa Væsener, Protisterne, om hvilke man ellers kunde være i Tvivl, hvorvidt de hører til Plante- eller Dyreriget. Hertil er nu først at bemærke, at mange fastsiddende Dyr (Koraldyr, Bryozoër, Muslinger, Balaner m. fl.) mangler denne Evne, medens Arter, som man af andre Grunde nu ikke længere betænker sig paa at henføre til Planteriget, har den i udpræget Grad. Af de sidste skal blot nævnes en Række forskellige Bakterier, grønne og brune Alger (f. Eks. Peridinéer og Diatoméer), Slimsvampene, Sværmsporer af Alger og Svampe, Sædlegemer o. s. v., der udfører deres Bevægelser paa lignende Maade som mange krybende Dyr eller ved Hjælp af fortrinlige særlige Bevægelsesorganer, de før omtalte Svingtraade (se Fig. 128 og 129), der kan optræde saa lange og veludviklede eller i saa stort Antal, at de undertiden kan frembringe lynsnare Bevægelser. Hos lavere Dyr træffes ganske de samme Bevægelsesorganer, men kommer vi lidt højere op i Dyreriget, hvor der er udviklet Muskelvæv og et let bøjeligt Skeletsystem, bliver Bevægelsesevnen knyttet til selve Legemets Evne til at udføre Krumninger og Slyngninger, til en kraftigt udviklet Hale, til et større eller mindre Antal Lemmer o. s. v., hvis fornemste Opgave netop er at fremkalde Bevægelser fra Stedet. I tilsvarende Grad bliver da ogsaa Bevægelserne komplicerede og dirigeres fra et Centralnervesystem i nøje Forbindelse med Sanseredskaber, Instinkter og Bevidsthedstilstande, som det vilde føre alt for vidt her at komme nærmere ind paa, men som vi dog vil komme tilbage til i næste Afsnit.

Derimod skal vi endnu et Øjeblik opholde os ved de mere elementære Bevægelser, for hvilke vi bedre kan udrede den enkelte Faktors Betydning, og fordi vi her aabenbart træffer noget, der er fundamentalt for alle Bevægelser overhovedet.

Bevægelserne hos de lavest staaende Organismer eller hos enkelte Celler med selvstændige Bevægelser fra højere Organismer foregaar nemlig ikke ganske tilfældigt og regelløst, men bliver lovmæssigt ordnede af en Række ydre Faktorer, overfor hvilke de paagældende Celler er følsomme. Paa Grund af deres Lovbestemthed har man endog indført Betegnelsen taktiske Bevægelser eller Taksier om alle disse, og alt efter den Faktor, der

fremkalder og ordner dem ɔ: bestemmer deres Retning, taler man om Foto-, Thermo-, Aëro-, Geo-, Kemotaksis o. s. v., naar det er henholdsvis Lys, Varme, Ilt, Tyngdekraft, kemiske Stoffer o. s. v., der er de virkende Kræfter.

Hvorledes Lys kan faa baade lavere og højere selvbevægelige Organismer til bevæge sig henimod eller bort fra Lyskilden (positiv og negativ Fototaksis), og at det særlig er de blaa-violette Lysstraaler, der har en saadan Virkning, blev omtalt S. 167—69. Paa ganske tilsvarende Maade vil man kunne finde, at de andre ovennævnte Faktorer virker. Vi skal herpaa kun fremdrage endnu et Par Eksempler. Har man i en Vanddraabe under Mikroskopet en Opsamling af selvbevægelige Forraadnelsesbakterier, vil disse bevæge sig frit omkring i alle mulige Retninger. Men stikker man nu ind i en saadan Draabe et i den ene Ende tilsmeltet Haarrør (Fig. 130), hvori der er anbragt en 5 % Peptonopløsning, saaledes at der mellem denne og den lukkede Ende af Røret bliver afspærret en lille Luftblære, saa vil man hurtigt se Bakterierne flokkes om den aabne Ende af Røret, hvor Peptonopløsningen (ved positiv Kemotaksis) tiltrækker dem. Er det aërobe (iltelskende) Bakterier, vil de yderligere snart trænge op i Røret og samle sig ved den lille Luftblære, tiltrukne af dennes Indhold af fri Ilt (positiv Aërotaksis). Havde Haarrøret derimod været fyldt med Glycerin, vilde ingen af Bakterierne være trængt ind i det, men endog have holdt sig i nogen Afstand fra det (negativ Kemotaksis). Men befandt Bakterierne sig i Forvejen i en Draabe, der indeholdt Pepton, vilde de heller ikke søge til Haarrøret, med mindre dette indeholdt en 5 Gange saa stærk Opløsning af dette Stof. Og flyttedes Bakterierne derefter over i en ny Draabe med denne sidste Koncentration, maatte Koncentrationen i Haarrøret yderligere forøges 5 Gange for at virke tiltrækkende og saaledes videre, indtil de Grænser naaes, indenfor hvilke Pepton i det hele taget virker tiltrækkende. Lignende Forhold gælder for alle kemotaktisk virkende Stoffer, af hvilke der findes en Mængde, der kan virke forskelligt paa forskellige Organismer,

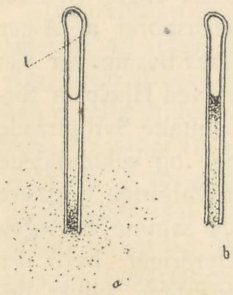


Fig. 130. Forsøg til Paavisning af Kemotaksis. Haarrør med 5 % Pepton og en afspærre Luftblære *(l)* i en Draabe med Forraadnelsesbakterier *a*, efter c. 4 Min. *b*, efter $^1/_4$—$^1/_2$ Time (se forøvrigt Teksten). Forst. 50 Gange.

og vi træffer da her paa en Lov, der gælder for Pirringsfænomenerne i Almindelighed — og saaledes overalt i Sansefysiologien —, nemlig den WEBER-FECHNER'ske Lov, der udsiger, at jo stærkere en Celle eller et Sanseorgan i Forvejen er pirret, des stærkere maa Pirringsaarsagen forøges for at fremkalde en ny Pirring, eller mere koncist: Pirringsaarsagen maa vokse efter en Kvotientrække, for at Pirringen kan tiltage efter en Differensrække.

I det anførte Tilfælde var det positivt kemotaktisk virkende Stof et saadant, der var nyttigt for de paagældende Bakterier. Men dette behøver dog ikke altid at være Tilfældet. Ofte kan selvbevægelige Organismer drages henimod Stoffer, der som Sublimat er en meget farlig Gift og i Løbet af kort Tid betyder den visse Død for dem. Og vigtige Næringsstoffer kan være ganske indifferente, ɔ: hverken tiltrække eller frastøde dem. Men Regelen er dog, som før nævnt, den, at de af forskellige Aarsager fremkaldte taktiske Bevægelser for det meste er nyttige for de selvbevægelige Organismer. Man har saaledes fundet, at de fritbevægelige Sædceller drages mod de hunlige Æg af kemotaktisk virkende Stoffer, at de hvide Blodlegemer (Fagocyterne), som æder Bakterier, tiltrækkes af disses Stofskifteprodukter o. s. v. Og overmaade vigtige fysiologiske Forhold har herigennem fundet deres Forklaring.

At saadanne Bevægelser ogsaa hos lavtstaaende Organismer undertiden minder om Instinkter eller en Slags Bevidsthedstilstand og Viljesakter, blev der nævnet Eksempler paa S. 18 *(Vampyrella Spirogyræ)* og S. 167 (»Skrækbevægelser« under Indvirkning af pludselige Forandringer i Lysstyrken). Men det er nu rigtignok paastaaet (af JACQUES LOEB), at de fototaktiske Bevægelser, som en Række højere Dyr med Centralnervesystem, som Insekter, Orme, Krebsdyr, ja endog Hvirveldyr (Frøer), udfører, er af ganske samme Art som dem, Planterne foretager, og at de derfor ikke beror paa specifike Egenskaber ved Centralnervesystemet. Denne Betragtning slaar dog næppe til for alle taktiske Bevægelsers Vedkommende.

2. Vækstbevægelser. Saadanne kan der naturligvis kun blive Tale om hos endnu voksende Organismer eller Organer samt hos saadanne Organismer, der ikke flytter sig fra det Sted, hvorpaa de lever. Derfor frembyder de ogsaa særlig Interesse hos de i Jorden eller paa andet Substrat fastsiddende Planter.

Det er let at konstatere, at de fleste af den Slags Planter udfører iøjnefaldende Bevægelser (Bøjninger, Slyngninger o. l.) som Følge af en ulige Vækst paa forskellige Sider af et Organ, og i Virkeligheden er det, som vi kalder Planternes naturlige Voksemaade, Resultatet af Bevægelser, der er dirigerede af forskellige ydre Faktorer (Pirringsaarsager). Ti enhver Vækst er jo i sig selv en Bevægelse, men kun naar Vækstretningen kommer til at afvige fra den for den enkelte Plantedel sædvanlige, den normale, bliver den paafaldende for os.

Af Vækstbevægelser skelner man sædvanlig mellem 2 Slags: 1) saadanne, der sker som Følge af hidtil ukendte, »indre« Aarsager, og som man kalder Nutationer (af *nutare*, at nikke) og 2) saadanne, til hvilke man kan paavise en bestemt ydre Aarsag, de saakaldte Tropismer eller Bøjninger.

Til Nutationerne regner man f. Eks. de Bevægelser, som unge Blade under deres Udvikling foretager, Kimstænglers Krumninger, mens de arbejder sig op igennem Jorden, og Gribetraades Slyngninger, indtil de har fundet en fast Genstand at holde sig fast ved. Disse Bevægelser fremkommer paa den Maade, at Væksthastigheden skifter paa forskellige Sider af det nuterende Organ.

Tropismerne fremkaldes af lignende Aarsager som de taktiske Bevægelser, af Lys, Tyngdekraft, Varme, mekanisk Pirring (Berøring), Ilt, Vand, andre kemiske Forbindelser, Strømninger o. s. v., hvorefter de benævnes henholdsvis Foto- (Helio-), Geo-, Thermo-, Hapto-, Aëro-, Hydro-, Kemo-, Rheotropismer o. s. v. og er enten positive eller negative, eftersom Bøjningen sker henimod eller bort fra Pirringsmidlet.

Naar de fleste Planter sender deres Hovedskud lodret opad og Hovedroden i modsat Retning, nedad, medens Sideskud og -Rødder stiller sig med bestemte Vinkler paa den lodrette Linje, skyldes denne Voksemaade Tyngdekraften eller Jordens Tiltrækning og er Udslag af, hvad vi kalder Planternes Geotropisme. Ved første Øjekast synes det meget paafaldende, at en saa udpræget mekanisk virkende Kraft som Tyngden kan virke modsat sin egen Retning (negativt) eller efter Vinkler paa denne (transversalt), men at den virkelig gør dette, kan vises ved et Eksperiment. Anbringer man Planter i vandret Stilling, vil de snart, som vist paa Fig. 131, foretage iøjnefaldende Krumninger og saaledes, at Rødderne vil bøje nedad, Stænglerne opad indtil de kommer til at vokse

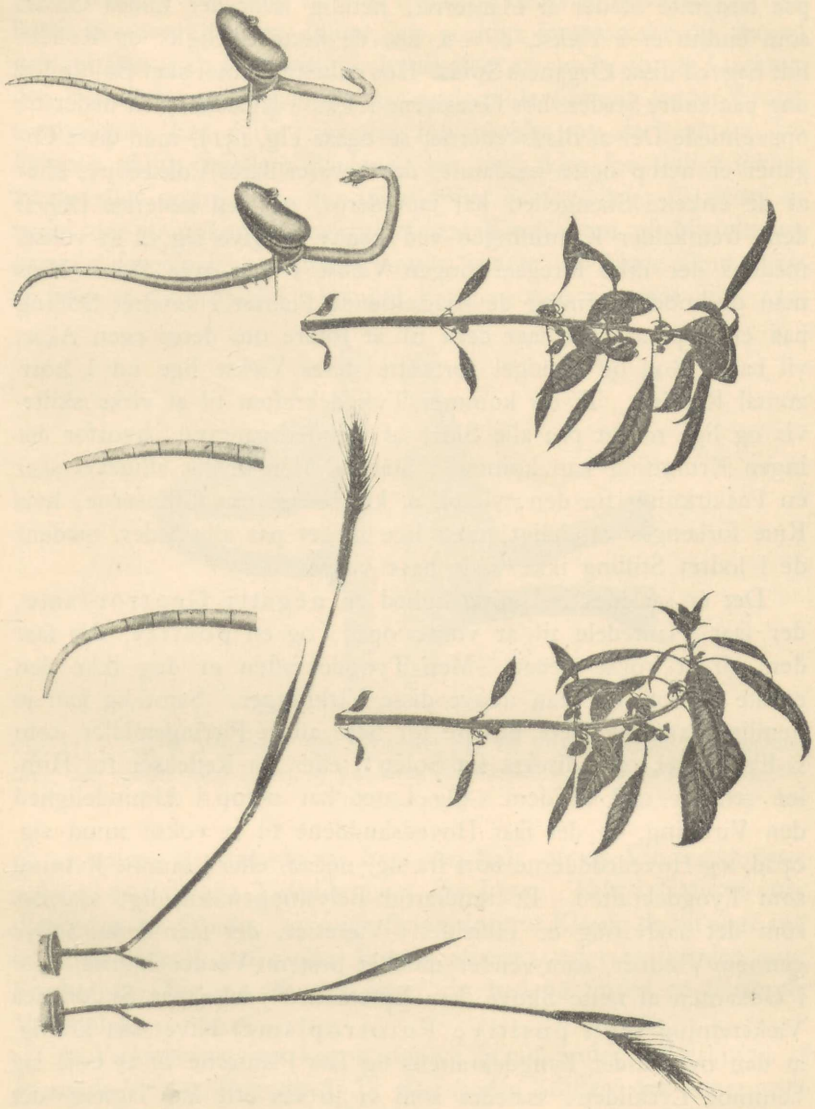


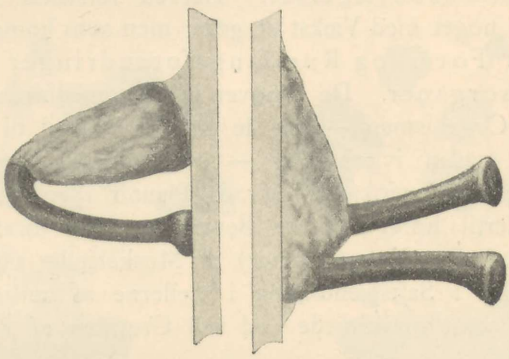
Fig. 131. Forsøg, der viser de geotropiske Vækstbøjninger af Rod og Stængel hos en Kimplante af Bønnevikke *(Vicia Faba)* samt i Stængler af Balsamine og Hvede.

videre i deres normale Retning. Men disse Krumninger sker kun paa bestemte Steder af Planterne, nemlig hvor der findes Celler, som endnu er i Vækst, d. v. s. hos de fleste Stængler og Rødder lidt bagved disse Organers Spids. Hos enkelte Planter sker Bøjningen dog paa andre Steder, hos Græsserne f. Eks. i Knæene (den nederste, opsvulmede Del af Bladskederne, se ogsaa Fig. 131), men disse Organer er netop ogsaa saadanne, der bevarer deres Vokseevne, efter at de enkelte Stængelled har tabt deres, og den nederste Del af dem fremkalder Krumningen ved paany at give sig til at vokse, medens der ikke foregaar nogen Vækst i den øvre Del. Hvis man derimod anbringer de paagældende Planter i vandret Stilling paa et Apparat, der faar dem til at rotere om deres egen Akse, vil baade Rod og Stængel fortsætte deres Vækst lige ud i horizontal Retning. Ti nu kommer Tyngdekraften til at virke skiftevis og lige meget paa alle Sider af Planteorganerne, hvorfor der ingen Krumning kan komme i Stand. Men at der alligevel sker en Paavirkning fra den, vil bl. a. kunne ses paa Græsserne, hvis Knæ forlænges kendeligt, men lige meget paa alle Sider, medens de i lodret Stilling ikke vilde have vokset.

Det er saaledes i Almindelighed en negativ Geotropisme, der faar Plantedele til at vokse opad, og en positiv, der faar dem til at vokse nedad. Men Tyngdekraften er dog ikke den eneste Faktor, der kan udøve disse Virkninger. Samtidig kan jo nemlig Planterne være udsatte for flere andre Pirringsmidler, som f. Eks. Lyset, der direkte fra Solen[1]) eller fra Reflekser fra Himlen straaler ned til dem. Og Lyset har netop i Almindelighed den Virkning, at det faar Hovedskuddene til at vokse imod sig, opad, og Hovedrødderne bort fra sig, nedad, eller i samme Retning som Tyngdekraften. Er imidlertid Belysningen ensidig, saaledes som det sædvanlig er Tilfældet i Værelser, der faar deres Sollys gennem Vinduer, som vender mod et bestemt Verdenshjørne, eller i Udkanten af tætte Skove, kan Lysets Indflydelse paa Skuddenes Væksretning (den positive Fototropisme) bliver saa kraftig, at den overvinder Tyngdekraftens og faar Planterne til at bøje sig henimod Lyskilden, saaledes som vi jo saa ofte kan iagttage det hos vore Stueplanter. Men dog gives der ogsaa Skud, som er negativt fototropiske, f. Eks. flere Espalierplanters, der bøjer sig ind mod en Mur, eller krybende Planters, der lægger sig tæt

[1]) Solens Indflydelse paa Vækstens Retning kaldes ogsaa Heliotropisme.

ned til Jorden i stærkt Lys. Og ofte skifter et Planteorgan under sin Udvikling Stemning overfor Lyset, saaledes Blomsterstilke, der, indtil Bestøvningen er udført, er positivt fototropiske og derved bringer Blomsten i en Stilling, hvori den er synlig for de Insekter, der skal besørge Bestøvningen, medens de senere, under Frugtmodningen, kan blive negativt fototropiske og derigennem faa Frugten skjult imellem Bladene, saa den ikke for tidligt lokker Fugle eller andre Dyr, der vilde spise den, til sig. Saaledes er ogsaa den hypokotyle Stængeldel paa Kimplanten af Misteltenen negativt fototropisk, medens Plantens senere udviklede Skud ellers er positivt fototropiske. Bringes Frøene, som vist paa Fig. 132,



A *B*

Fig. 132. Frø af Mistelten, der har spiret paa en Vinduessprosse. *A* paa den Side, der vender mod Lyset, *B* paa den, der vender bort fra Lyset. Negativ Fototropisme.

til at spire, fastklæbede til hver sin Side af en Vinduessprosse, vokser de i begge Tilfælde bort fra Lyset. Ude i Naturen har dette den for Planten gavnlige Betydning, at Kimen da vil søge ind imod de Grene, paa hvilke Frøene afsættes, og i hvilke den som Snylter (se Fig. 65, S. 75) borer sig ned og finder en passende Vokseplads.

At Vækstbevægelser kan komme i Stand under Indvirkning af passende Varme, Fugtighed, Ilt eller andre Stoffer, der tjener som Næring for Planterne, faar Betydning for Rodsystemets Fremtrængen i Jordbunden til saadanne Steder, hvor de gunstigste Betingelser af den Art forefindes. Og rent mekaniske Pirringer (Haptotropisme) giver sig meget iøjnefaldende Udslag hos saadanne slyngende og klatrende Planter, der søger en fast Støtte under

deres Udvikling. Mange Blomsters periodiske Aabning og Lukning, f. Eks. til forskellige Tider af Døgnet (»Blomsterure«), og Blades Hævning og Sænkning (Sammenfoldning eller »Søvn« om Natten o. l.) er ogsaa ofte Resultatet af Vækstbevægelser, fremkaldte af skiftende Paavirkning fra Lys og Varme.

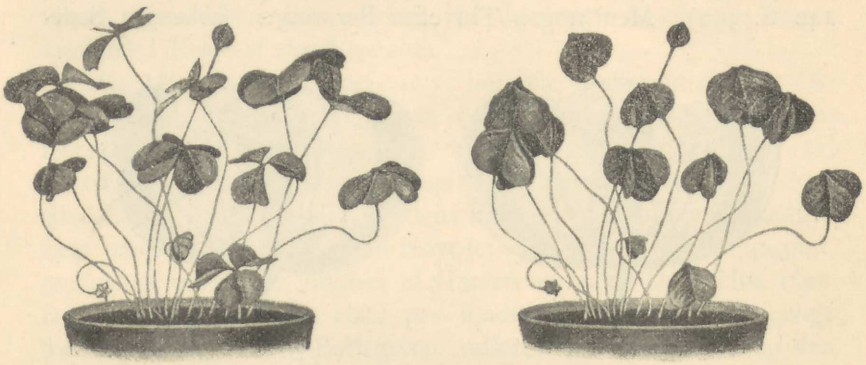
Ganske tilsvarende Vækstbevægelser vil kunne iagttages hos fastsiddende Dyr, men for disse har de dog i Regelen ikke saa stor Betydning, da de jo som oftest kan forandre deres Stilling til en retningsbestemmende Faktor ved andre Midler, bl. a. ved deres Muskelsystem. Derfor vil saadanne Bevægelser falde ind under den følgende Gruppe, vi skal omtale, nemlig

3. Variationsbevægelser. Herved forstaaes Bevægelser, der ikke har noget med Vækst at gøre, men som kommer i Stand ved Hjælp af Form- og Rumfangsforandringer i særlige Bevægelsesorganer. De behøver ikke at medføre en Stedforandring for Organismen — om de end hører med til de Midler, hvorved en saadan iværksættes — men de kan ogsaa foregaa hos hvilende og fastvoksede Dyr og Planter i enkelte af disses Organer. Hertil hører alle de Bevægelser, der foraarsages ved Sammentrækninger (Kontraktioner) af Muskelceller og -væv eller ved Ændringer i Saftspændingen i Cellerne af særlige Organer hos Planter, som opsvulmede Led ved Grunden af Bladstilke, i Støvtraade o. l.

Angaaende de mekaniske og anatomiske Forhold ved Muskelbevægelserne, hvis rent ydre Forløb er saa let at iagttage og derfor saa vel kendt, maa der henvises til specielle dyrefysiologiske Værker. Vi nævner dem blot her i denne Sammenhæng, fordi de saavel i deres mekaniske Udførelse som i deres Afhængighedsforhold til Pirringsmidler er beslægtede med de mindre kendte Variationsbetegnelser hos Planter, som derfor fortjener lidt nærmere Omtale paa dette Sted.

Det vil ikke kunne undgaa Opmærksomheden hos nogen, der blot har en Smule Interesse for Naturfænomener, at en Række Planters Blade foretager ejendommelige Bevægelser til forskellige Tider af Døgnet, saaledes f. Eks., at de indstiller Retningen af deres Bladflader efter Solens »Gang« hen over Himlen i Løbet af Dagen eller efter Belysningens Styrke, (saa de endog reagerer paa Skydækkets Forandringer), eller at de mod Aften eller i særlig mørkt eller koldt Vejr folder deres Smaablade sammen, enten ved Hævning eller ved Sænkning, og aabner dem igen om Morgenen.

De allerfleste Ærteblomstrede med deres i Regelen sammensatte Blade forholder sig saaledes, hvorfor man i saa almindelige Planter som Bønner, Vikker, Kløver, Lupiner m. fl. har let tilgængeligt hjemligt Materiale at gøre disse Iagttagelser paa, og af indførte Planter, der dyrkes almindeligt i vore Haver og Stuer, er *Robinia*, *Coronilla*, Akacier m. fl. ogsaa udmærkede Objekter. Saaledes endvidere den i vore Skove almindelige, men til en helt anden systematisk Gruppe hørende, lille Surkløver, *Oxalis*, af hvilke mange forskellige Arter ogsaa dyrkes i Haver og Stuer. Den sænker ved Aftentide sine 3 Smaablade nedad, som vist paa Fig. 133, og »sover« paa denne Maade.



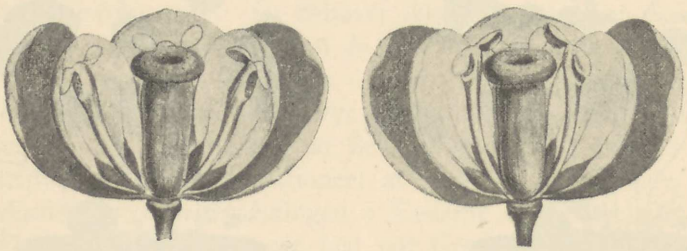
A *B*

Fig. 133. Almindelig Skovsyre *(Oxalis acetosella)*. *A* i spredt Dagslys, *B* den samme Plante en Time efter at være stillet i Mørke. Bladene »sover«, idet Smaabladene sænker sig.

Særlig bekendt for sin Følsomhed er den under varmere Himmelstrøg hjemmehørende følsomme Mimose *(Mimosa pudica)*, der forøvrigt ogsaa let kan dyrkes hos os i Varmehuse. Dens Blade er yderst følsomme overfor næsten saa at sige alle Pirringsmidler, som Lys, Temperatur, Berøring, Stød (Rystelse) o. s. v., og den udfører sine Bevægelser med en saadan Fart, at de bliver i højeste Grad iøjnefaldende. Berører man f. Eks. Enden af et Smaablad ved at trykke det mellem to Fingre, vil dette og det ligeoverfor siddende hurtigt bøje sig opad og folde sig sammen. Men denne Bevægelse forplanter sig nu til alle de følgende Smaablade, der udfører samme Bevægelser, hvorefter Bladstilkene af anden Orden bøjer sig nedad. Det hele varer kun nogle Sekun-

der, og man ser tydeligt Pirringen forplante sig fra den ene Del af Bladet til den anden. Og har den været tilstrækkelig kraftig, vil den ogsaa ledes til andre, ja maaske til alle Plantens Blade, som saa foretager de samme Bevægelser. Hører Pirringen op, gaar Bevægelserne snart tilbage igen, og Bladene indtager deres oprindelige Stilling. Ved en Rystelse eller et Stød reagerer næsten øjeblikkeligt alle Bladene paa denne Plante.

Desuden findes der en Del Blomster, som udviser samme Følsomhed. Hos vor Almindelige Knopurt *(Centaurea jacea)* eller hos den blaa Kornblomst *(Centaurea cyanus)* forkorter Støvtraadene sig pludseligt ved Berøring og kommer derved til at gnide Støvkornene ud paa Arret, der netop omgives af Støvknapperne (se Fig. 142 S. 532). Men nogen Tid efter Berøringen forlænges Støv-



A *B*

Fig. 134. Blomster af Berberis, *A* før og *B* efter en svag Berøring paa Indersiden af Støvtraadene.

traadene igen til deres oprindelige Størrelse. Berører man med en Naal el. lign. Indersiden af Støvtraadene i Berberissens Blomst, vil de udspilede Støvdragere pludseligt klappe sammen ind imod Arret og derved udslynge Støvet (se Fig. 134).

Interessante Eksempler paa Variationsbevægelser, der ofte udføres med stor Hurtighed og under Indvirkning af saavel mekanisk som kemisk Pirring, har vi i de kødædende Planter som Fluefangeren og Soldug, der blev omtalte S. 309—11.

Alle disse Bevægelser hænger nu sammen med Variationer i Saftspændingen hos Cellerne i de paagældende Organer. De bevægelige Blade viser sig alle at have et opsvulmet Led ved Grunden af Bladstilkene saavel paa Smaabladene som i Regelen ogsaa paa Hovedbladene. Og disse Led er byggede saaledes, at Ledningsvævet er samlet i Midten af dem, hvor det gør den mindst

mulige Modstand mod Bøjninger, medens de ellers bestaar af tyndvæggede Parenkymceller, mellem hvilke der findes vel udviklede Intercellulærrum. Hvis et Blad f. Eks. af Mimosen under en Pirring bøjer sig nedad, sker der da dette, at der træder Vand ud fra Parenkymcellerne i Intercellulærerne paa den nederste Halvdel af Hovedbladstilkens Led, hvorved der indtræder en Slappelse. Og naar Bladet igen retter sig opad, sker det, fordi Vandet saa indsuges i Cellerne, og Saftspændingen i disse øges. Hos andre Blade, der foretager regelmæssige Søvnbevægelser, f. Eks. bestaaende i, at Smaabladene hæver sig opad ved Aftentide, kan Bevægelsen ogsaa komme i Stand derved, at Saftspændingen i den nederste Halvdel af Leddet langsomt stiger, medens den forbliver uforandret i den øverste Halvdel, som da presses noget sammen i Kraft af sin Elasticitet.

Meget interessant er det, at vi her ofte træffer forskellige Organer, som modtager Pirringen og udfører Reaktionen, og at Pirringen derfor maa ledes fra Modtagerorganet til Bevægelsesorganet. For Lyspirringer er det saaledes ofte kun Bladpladen, der er følsom, medens Bevægelsen udføres af Bladstilken. Hos Soldug er det kun Hovedet af Haarene, der er følsomt, medens Krumningen udføres af Haarets nederste Del. Hos Fluefangeren var det ogsaa Haar paa Bladfladen, der er modtagelige for Pirringen, medens Bevægelsen udføres af Bladribberne og den nederste Del af Bladfladen.

Der er da i denne Modtagelse og Ledning af Pirringer meget, der minder om Sanseorganer og Nervesystemets Funktioner hos Dyrene. Hertil vil vi nu vende tilbage i det følgende Afsnit om »Sansning« og skal her kun fremhæve, at man i Protoplasmatraade, der strækker sig i fine Huller gennem Cellevæggene, og som netop er almindelige hos saadanne følsomme Planter, har ment at finde noget, der var analogt med Nerver, og i hvert Fald Baner, ad hvilke Pirringerne kunde tænkes at ledes.

5. Sansning og sjælelig Virksomhed.

I de netop omtalte mange forskellige Slags Bevægelser hos alle mulige Organismer og levende Celler havde vi iøjnefaldende Eksempler paa det levende Stofs Følsomhed, Irritabilitet, dels overfor ydre Paavirkninger, dels for Impulser indefra af ukendt Natur.

Vi saa, hvorledes Bevægelser ofte kom i Stand som Følge af Pirringer gennem særligt følsomme Organer, der kunde modtage Indtryk af enten flere forskellige ydre Faktorer eller fortrinsvis eller udelukkende en enkelt saadan, og fra hvilke Pirringen da gerne lededes til andre Organer, der udførte en bestemt Bevægelse som Reaktion herpaa. Og naar vi for disse Fænomener brugte Udtryk som »Følsomhed«, »Stemning« o. s. v., saa var det, fordi de mindede om tilsvarende Forhold fra vort eget Sjæleliv, uden at det dog var tilsigtet deri et lægge en altfor bogstavelig Lighed. Men skønt forskellige Forfattere lægger en højst forskellig Betydning heri, er de dog alle enige om at anvende lignende fra Psykologien hentede Benævnelser om alle de Fænomener, der kan henføres til det levende Stofs Irritabilitet.

Imidlertid føres vi derigennem ganske naturligt til at opstille det Spørgsmaal, hvor langt ned i de levende Væseners Udviklingsrække der kan være Tale om Sansning og virkeligt sjælelige Processer af samme Art som dem, vi kender fra os selv, eller om »Sjæl« i det hele taget muligvis er noget, der findes hos alt levende.

Herom har der staaet og staar der endnu den livligste Diskussion og Strid, som dog ofte bunder i forskellige Opfattelser af, hvad man overhovedet skal forstaa ved »sjæleligt«, hvorfor man, nærmere betænkt, burde indskrænke Striden til at dreje sig om, hvilke Grader af Sjæleliv i de forskellige Afskygninger, vi kender det fra os selv, der kan blive Tale om at træffe hos andre Organismer.

For derfor at faa Problemet stillet noget klarere turde det maaske være paa sin Plads at forudskikke nogle Bemærkninger om, hvilke Virksomheder vi hos os selv, Menneskene, og de med os mest beslægtede Dyr uden Betænkning vil regne til de sjælelige, og dernæst undersøge, hvad vi heraf kan finde hos andre af vore Medskabninger.

Til de højeste Former for Sjæleliv hos os selv regner vi dem, der giver sig Udtryk i bevidst Forestilling og Tankevirksomhed (Erkendelse), Følelse og Vilje, og som i hvert enkelt Individ kun synes at komme i Stand ved en sammenfattende (syntetisk), aktiv Virksomhed indefra i bestemte Dele af vort Centralnervesystem, nemlig i Barken eller den graa Substans af vor store Hjerne; ti hvis denne beskadiges i en vis Grad, ophører hele denne Side af vort Sjæleliv.

Men disse de højeste sjælelige Virksomheder staar dog, gennem hvad man maaske kunde kalde lavere Funktioner, som Sansningerne, i den mangfoldigste Vekselvirkning med Yderverdenen, hvorfra der modtages Indtryk, som afføder forskellige Bevidsthedstilstande, ligesom alle rent fysisk-kemiske Processer i vor Organisme (Fordøjelse, Blodomløb, Aandedræt o. s. v.) kan virke bestemmende paa vort højere Sjælelivs øjeblikkelige Indhold saavel af enkelte Forestillinger, Følelser o. s. v. som paa Livsfølelsen i Almindelighed. Og vi er desuden udsatte for en Række Paavirkninger, der slet ikke kommer til vor Bevidsthed, men som vi dog uden eller mod vor Vilje bliver afhængige af, samtidig med at vi ubevidst foretager os en Mængde Ting, som vi meget vel kunde udføre bevidst, uden eller med vor Vilje.

Hvad der da sker i os af sjælelige Virksomheder, af den ene eller den anden Aarsag, er det ofte meget vanskeligt eller umuligt for os at komme til Klarhed over, og det vil heller ikke være muligt for os i noget givet Tilfælde at drage en skarp Grænse mellem vort netop omtalte højeste Sjæleliv og saadanne sjælelige Virksomheder, som vi vilde kalde lavere — fordi de foregaar under Bevidsthedens Tærskel —, naar de ellers begge kan være af samme Kvalitet og fremkaldte af de samme ydre eller indre Aarsager.

Foruden egentlig Erkendelse, Følelse og Vilje maa vi derfor ogsaa regne som hørende til vort Sjæleliv saadanne Ytringer som bevidste eller ubevidste Instinkter, Sansninger, Reflekser o. s. v., der alle gradvis glider over i hinanden og er saaledes sammenfiltrede indbyrdes og med det højere Sjæleliv, at de tilsammen danner den Enhed, vi forstaar ved vor Sjæl, vor Personlighed, vort Jeg.

En Refleksbevægelse som den, der kan fremkaldes ved et Stød, en elektrisk Paavirkning eller en pludselig Berøring med et varmt eller koldt Legeme o. s. v. gennem et Sanseorgan, som meddeler Indtrykket til Rygmarven, hvor Refleksbevægelsen udløses, kan saaledes foregaa med (naar Indtrykket fra Rygmarven befordres videre til Storhjernen) og uden vor Bevidsthed, i sidste Tilfælde f. Eks., naar Storhjernen er bedøvet ved et narkotisk Giftstof, eller naar denne som hos visse Dyr (Fugle og Frøer), der taaler en saadan Operation uden straks at dø, helt er tagen bort. Vi vilde i mange Tilfælde slet ikke være i Stand til at forhindre en saadan Refleksbevægelse, medens vi paa den anden Side vilde kunne ud-

føre en ganske tilsvarende spontan Muskelbevægelse i Kraft af en Viljesytring, ved en Impuls fra vor store Hjerne, uden nogen Pirring udefra. Men alligevel vilde den uvilkaarlige Refleks paa den forskelligste Maade kunne influere paa vor store Hjerne og det fra den dirigerede højere Sjæleliv. Og paa tilsvarende Maade kan alle mulige Sanseindtryk faa Betydning for dette, ja i givne Øjeblikke komme til helt at beherske det ved at give det alt det Indhold, som Bevidstheden da beskæftiger sig med.

Naar nu de fleste Dyr og — efter nyere Undersøgelser (se S. 429—436) — tillige en stor Mængde Planter er udstyrede med de samme eller lignende Sanseorganer som dem, der kan fylde vort bevidste Sjæleliv med Indhold, og vi tilmed ser disse Væsener reagere paa Sanseindtryk paa en lignende hensigtsmæssig Maade som vi selv, bliver Spørgsmaalet, om vi saa ikke ogsaa her maa regne den Slags Fænomener under sjælelig Virksomhed. Da de laveste Dyr og Planterne helt mangler Centralnervesystem, og mange andre Dyr mangler det Organ, den store Hjerne, til hvilken vor og andre højere Dyrs Bevidsthed utvivlsomt er knyttet, er det vel i højeste Grad problematisk, om der kan være Tale om Bevidsthed overhovedet hos de førstnævnte. Men da Sanseindtrykkene jo heller ikke altid afføder Bevidsthedstilstande hos os, og paa den anden Side højere sjælelige Funktioner som Bearbejdelsen af Tanker og Følelser, Modningen af Beslutninger o. l. saavel kan foregaa i Drømme som helt under Bevidsthedens Tærskel, kan vi ikke konsekvent udelukke de Processer, der foregaar ubevidst, fra Sjælelivets Omraade.

Det vil derfor være logisk og rimeligt at udstrække Betydningen af sjælelig Virksomhed til at omfatte alle de Funktioner, som vi vil regne til de sjælelige hos os selv, uden Hensyn til, om de er forbundne med Bevidsthed eller ej, eller om de er knyttede til mer eller mindre højt udviklede Led i et Centralnervesystem eller ej, hvormed jo ikke er sagt, at vi uden videre kan overføre til andre levende Væsener alle de sjælelige Virksomheder, som foregaar i os, eller at vi har Lov til at identificere som Udslag af Følelser, Vilje o. s. v. de Reaktioner paa Sanseindtryk eller de af ukendte indre Aarsager affødte spontane Handlinger, som forskellige Organismer udfører med tilsyneladende samme Formaal som vi. Vi undgaar da derved at strande paa en Del af de Skær, der hidtil har forvoldt saa mangen anden unødig Strid. Men vor Opgave bliver derfor ikke mindre

omfattende, naar vi vil forsøge at udrede, hvilke Arter af sjælelig Virksomhed der foregaar paa forskellige Stadier af de levende Væseners Udviklingsrække. Dette kan dog her kun ske ganske skematisk og i yderste Kortfattethed, medens der forøvrigt angaaende Enkeltheder maa henvises til de mange udførlige Fremstillinger af Sansefysiologien og Psykologien, som nu foreligger i Litteraturen.

Sansning.

Medens levende Celler i Almindelighed — i hvert Fald paa et vist Stadium af deres Udvikling — er modtagelige for Pirringer af forskellig Art, der formaar at udløse en i dem hvilende Energi, viser det sig, at en særlig Følsomhed overfor bestemte Pirringsmidler kan være lokaliseret i visse Celler eller Organer. For saa vidt det gælder Pirringer fra Omverdenen, er det naturligt, at denne Lokalisation først og fremmest har sit Sæde i de overfladiske Væv, i Hudepithelierne. Og da man for Evnen til at modtage Indtryk af en bestemt Slags bruger Betegnelsen Sansning, kalder man i Overensstemmelse hermed ofte saadanne Hudvæv for Sanseepithelier, der for saa vidt endnu ikke kan betragtes som egentlige Sanseorganer, som de desuden har Hudvævenes almindelige beskyttende Funktioner at varetage. Dette gælder f. Eks. Hudvævet paa mange Blade, der er følsomme for Lyspaavirkninger og indretter deres Stilling efter Lysstraalernes Retning, og saaledes maa ogsaa de blinde Dyrs Følsomhed overfor forskellig farvet Lys, der blev omtalt S. 169, forklares.

En videre Udvikling til typiske Sanseceller eller Sanseorganer frembyder saadanne, der som eneste eller som Hovedopgave har Modtagelsen af bestemte Indtryk udefra, og som i deres Bygning viser, at de er særligt tilpassede hertil. Derfor bliver de Organer, der er følsomme for Paavirkning af saadanne Faktorer som henholdsvis Lys, mekanisk Pirring (og herunder igen Lydbølger, Berøring, Stød m. m.), for Tyngdekraften, for Varme (eller Kulde), for kemisk Pirring (Smag, Lugt) o. s. v., byggede efter hver sine Principer, der forøvrigt i Hovedtrækkene viser sig gentagne overalt i den levende Natur, saavel i Plante- som i Dyreriget. Men jo mere komplicerede saadanne Organer er, som Øjne og Øren hos højere Dyr, des bedre maa de antages at kunne udføre deres særlige Funktioner.

Som Tegn paa, at et Sanseindtryk er bleven modtaget (perciperet), kræves der imidlertid, at det afføder en Reaktion af en eller anden Art. Som oftest bestaar Reaktionen i Udførelsen af Bevægelser, men den kan dog ogsaa være af anden Art, som at der kommer en kemisk Proces i Stand (f. Eks. ved Dannelsen af Kirtelsekreter), eller der vækkes Bevidsthedstilstande, som bestemte Forestillinger, Følelsen af Lyst og Ulyst o. s. v. Men skal vi studere Virkningen af Sanseindtrykkene paa andre Organismer end os selv, har vi som oftest kun Bevægelserne og de kemiske Reaktioner som sikre Midler til at erkende dem.

Og nu er det kun undtagelsesvis saaledes, at Reaktionen udføres af samme Organ, som modtager Pirringsindtrykket. Som oftest ledes dette hen til andre Organer, ja hos Dyr og Mennesker med Centralnervesystem yderligere gennem en Række Mellemstationer (Ganglier, Rygmarv, Hjerne), hvor Indtrykkene bearbejdes og omformes, inden de sendes videre til det reagerende Organ. Der er altsaa næsten altid Tale om en Ledning af Sanseindtrykkene, saa naar vi skal forstaa selve Sansningsprocessen i dens Helhed, maa vi følge det ude- (eller inde-)fra modtagne Indtryk ad dets særlige Ledningsbaner, indtil det har fremkaldt en paaviselig Reaktion enten fra et andet eller flere andre Organer eller fra den samlede Organisme. En saadan sammenhængende Række af fysiologiske Processer har man (Pfeffer) kaldt en Pirringskæde. Det første Led i denne bliver da Modtagelsen af Indtrykket eller Perceptionen i det dertil uddannede Sanseapparat.

Vi vil nu som Eksempel paa, hvor almindeligt Sansningsfænomenerne er knyttede til Livsudfoldelse i det hele taget, begynde med at undersøge Forekomsten hos forskellige levende Væsener af saadanne Sanseorganer, der er indrettede til at modtage Lysindtryk. Idet vi forudsætter Grundtrækkene i Øjnenes Bygning hos Mennesker og Dyr samt den almindelige Forekomst af disse Organer i Dyreriget for bekendt, skal vi fremdrage nogle Eksempler paa Forekomsten af Sanseorganer for Modtagelsen af Lysindtryk, hvis Identitet med Øjne ikke straks har været erkendt, og hvis egentlige Natur for en Del først er bleven opdaget i den seneste Tid.

Mange Dyr er faktisk blinde, om de end derfor ikke behøver at være ganske uimodtagelige for Lysindtryk (se S. 169 og S. 385—86); men de har i hvert Fald ikke udviklet noget særligt

Sanseapparat for Lysindtryk. Hos andre, som visse Muslinger, Gopler og Infusionsdyr, forekommer der i Stedet for typiske Øjne ejendommelige brune eller røde Farvepletter, til hvilke der ofte støder et linseformigt Legeme, der kan fungere som Samleapparat for Lysstraaler; og hvor der findes Nervesystem, staar de paagældende Organer i nær Forbindelse med et Ganglie. Det er dog ikke alene Dyr, men ogsaa en Del selvbevægelige Planter (Alger og Sværmsporer af disse), der kan være udstyrede med lignende Apparater, som den Fig. 19, S. 45 afbildede encellede

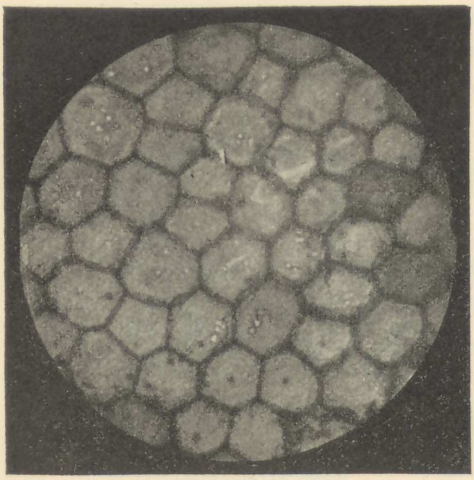


Fig. 135.

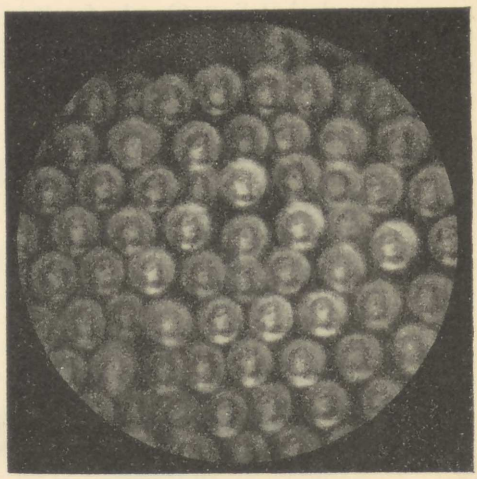


Fig. 136.

Overhudsceller af *Tradescantia*, gennem hvilke man kan optage et Portræt som vist i Fig. 136.

mikroskopiske Peridiné, *Pouchetia rosea*, der hører til de allerlavest staaende Organismer. Og netop for flere af disses Vedkommende (som *Euglena viridis*, *Volvox globator*) er det eksperimentelt godtgjort, at Farve- eller »Øjepletten«, der findes i Organismens Forende, virkelig tjener til Optagelse af Lys, fordi f. Eks. en i Lys svømmende *Euglena* ved delvis Beskygning først standser sine Bevægelser eller vender om, naar dens Forende med Øjepletten kommer ind i Mørke (Engelmann).

Ikke mindre interessant er det, at man hos talrige lysfølsomme Blade har fundet Overhudsceller, der har samme Bygning som et simpelt Øje, og at disse kan være sammenstillede ligesom de

sammensatte Facetøjne hos mange Dyr. G. HABERLANDT har bl. a. paavist, at Ydervæggen paa Overhudsceller kan være saaledes hvælvet eller linseformig fortykket (Fig. 137), at den samler og bryder Lysstraalerne paa den Maade, at deres Brændpunkt falder paa et særlig følsomt Sted i det underliggende Protoplasma, ja endog undertiden her danner Billeder af Genstande paa samme Maade som det foregaar paa vort Øjes Nethinde. Saadanne Billeder er endog fotograferede af HABERLANDT fra *Anthurium Waroqueanum*, af HAROLD WAGER fra *Tradescantia*-blade (se Fig. 135 og 136). Ofte er det alle, men undertiden kun enkelte Celler mellem de almindelige Overhudsceller, der er uddannede som saadanne Sanseorganer (se Fig. 135—138).

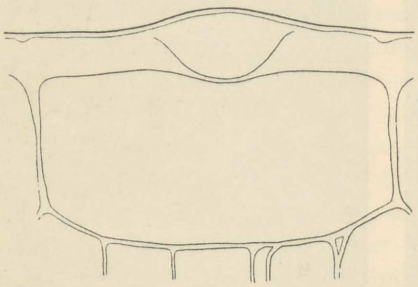


Fig. 137. Overhudscelle med linseformig, fortykket Ydervæg af Blad af *Campanula persicifolia*.

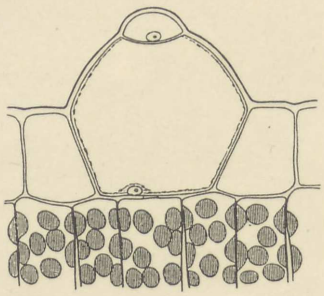


Fig. 138. Et af to Overhudsceller sammensat »Øje« af Blad af *Tittonia Verschaffeltii*.

For de lavere Dyr og Planterne har disse Synsorganer neppe anden Betydning end at give Underretning om Lysets Styrke og Retning, hvorefter de paagældende Organer eller Organismer saa kan indstille sig paa en for dem gunstigst mulig Maade (hos de flercellede Organer efter at Lyspirringen er ledet hen til de særlige Bevægelsesorganer), ligesom Bladgrøntlegemerne aabenbart har stor Nytte heraf til at finde den Plads i Cellen, hvor de bedst kan udnytte eller beskytte sig imod Lyset. Men selv om der dannes virkelige Billeder af omgivende Genstande i Sansecellerne (Fig. 136), er der dog ingen Grund til at tro, at selve Billederne skulde blive opfattede af Planterne, eller at disse skulde have nogen som helst Nytte af Billeddannelsen. — I Regelen er det helt andre Organer, der udfører den af Lyspirringen fremkaldte Bevægelse, end de, der modtager Lysindtrykket, der da maa ledes over

ofte ret lange Strækninger. Medens Bladfladen er særlig modtagelig for Lyspirring, er det gerne Bladstilken, der udfører Bevægelserne.

Hvad iøvrigt Planternes Sansning angaar, er den langt højere og mere flersidig udviklet, end man sædvanlig er tilbøjelig til at antage. Dette gælder navnlig deres Følesans eller Evnen til at modtage og besvare mekaniske Pirringer, hvorfor vi træffer en Række Sanseorganer, der er specielt uddannede i den Retning. Eksempler herpaa blev nævnt S. 521—23 i den følsomme Mimoses Blade, i Kornblomstens og Berberisblomstens Støvdragere samt i forskellige kødædende Planters Blade, der ved en Berøring pludselig foretager iøjnefaldende Bevægelser; og de mere langsomme Vækstbøjninger hos slyngende og klatrende Planter, der kaldes

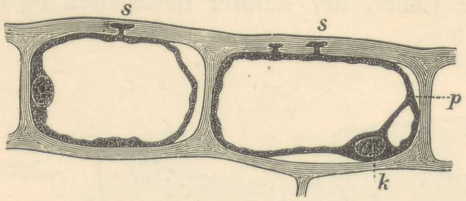


Fig. 139. Længdesnit af to Overhudsceller fra den følsomme Side af Agurkens Gribetraad. Ved *s* ses sømformige Porer i Ydervæggene; *k* Cellekærne; *p* Protoplasma, der ved Præpareringen har trukket sig lidt tilbage.

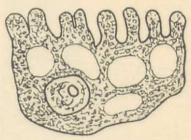


Fig. 140. Det isolerede Protoplasma i en af Kirtelcellerne fra et Følehaar af Soldug.

Haptotropismer (se S. 520), var ogsaa Udslag af en saadan Følsomhed. Talrige andre Eksempler kunde nævnes fra Blade og Blomster af forskellige Planter.

For at de paagældende mekaniske Pirringer skal kunne modtages og udløse en Bevægelsesreaktion, er det nødvendigt, at der sker en Deformering af de i den Retning følsomme Cellers Protoplasmahudlag, og at dette Indtryk derefter kan ledes til Celler eller Organer, som er i Stand til at udføre en dertil svarende Bevægelse. Denne Deformering maa endvidere ske pludselig og paa en bestemt Maade, ligesom den ofte maa indtræde flere Gange, for at Pirringen skal blive modtagen. Det er navnlig Træk og Tryk paa Protoplasmahudlagene, som virker. Man ser da ofte i saadanne Føleorganer som Gribe- og Slyngtraade, Følehaar o. l., at de ydre Cellevægge paa visse Steder er meget tynde, saa Protoplasmaet som smaa Vorter (Papiller) kan træde ud i dem (se

Fig. 139 og 140, sml. ogsaa Fig. 42, S. 61), eller at Cellevæggene med indenfor liggende Plasma hvælver sig udad (Fig. 141—142), hvor der er størst Chance for, at de kommer i Berøring med ydre Genstande. De Følehaar eller Følebørster, der sidder paa Oversiden af Fluefangerens Blade (se Fig. 104, S. 310) eller paa det opsvulmede Led af Mimosens Hovedbladstilk, er bøjelige ved Grunden, hvor de følsomme Sanseceller findes, og det forholdsvis lange Haar virker da som en Vægtstang, der forøger Indtrykket ved at give Udslag for i sig selv svage mekaniske Kræfters Paavirkning, f. Eks. Berøringen med et ganske lille og let Insekt.

I alle disse for Lys og mekanisk Pirring følsomme Sanseorganer har man endvidere paavist veludviklede Protoplasmastrænge, der gennem fine Huller i Cellevæggene sætter Sansecellerne i direkte Forbindelse med de Celler, der udfører Bevægelsen og da

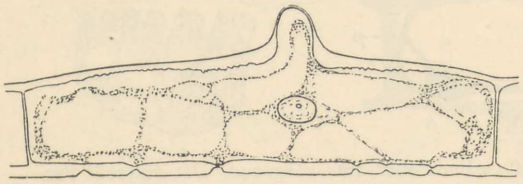


Fig. 141. Overhudscelle med udhvælvet Ydervæg, hvori Protoplasmaet skyder sig vorteformigt ud, af *Opuntia vulgaris*.

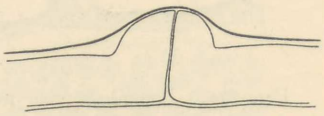


Fig. 142. Følepapil af en Støvtraad af Kornblomst *(Centaurea cyanus)*.

virker som et Nervevæv ved Ledningen af Pirringen. Mimosen synes desuden at have et specielt Ledningsorgan for Pirringer af forskellig Art, i hvilket en Forandring i Saftspændingen (det hydrostatiske Tryk) som en Bølgebevægelse kan forplante sig med temmelig stor Hastighed (fra 15—100 mm i Sekundet).

Flere Planter, som navnlig de kødædende, er tillige følsomme for kemiske Pirringer, hvorfor man med fuld Ret kan tillægge dem Besiddelsen af en Smagssans. Hvis der f. Eks. paa Solduggens eller andre saadanne Planters Blade (se Fig. 102 S. 309 og Fig. 140) anbringes smaa Metal- eller Glasstykker, saa kan disse vel fremkalde en mekanisk Pirring, der faar Haarene eller Bladpladen til at lukke sig om dem. Men kun naar der anbringes Legemer af en bestemt kemisk Kvalitet, f. Eks. æggehvidestofholdige, som Planten kan have nogen Nytte af, udskiller den de Fordøjelsesenzymer, der kan virke opløsende paa dem. Hos Vibefedt

(Pinguicula) findes der 2 Slags Haar paa Bladoverfladen, nogle større, der udsondrer en klæbrig Slim, og som er følsomme for Berøring, og nogle mindre, der udskiller Fordøjelsesvæsker. Og man har nu ogsaa her paavist tydelige Protoplasmastrænge, der sætter de første i Forbindelse med de sidste og saaledes kan foranledige Enzymernes Udsondring (se Fig. 143). — Rigtignok er det tvivlsomt, om der hos Planterne findes særlige Smags- og Lugteorganer som hos Dyrene, da Følsomheden for de kemiske Pirringer synes at være kombineret med andre Sansekvaliteter i de samme Organer.

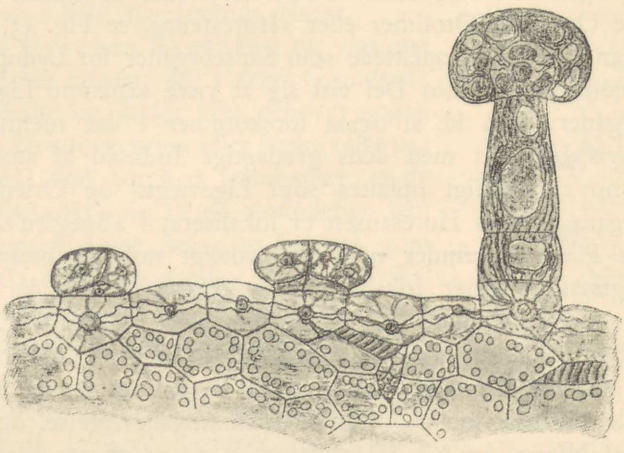


Fig. 143. Fra Oversiden af et Blad af Vibefedt *(Pinguicula vulgaris)*. Billedet viser Protoplasmastrænge, der kan lede Sanseindtryk fra det store slimudskillende Haar (tilhøjre) til de mindre, der udskiller Fordøjelsesvæsker.

Endelig har man i nyeste Tid (Noll, Němec, Haberlandt) paavist som almindeligt forekommende hos Planterne saavel som hos Dyrene særlige Sanseorganer for Tyngdekraftens Paavirkning, saakaldte Statocyster og Statolither, der tjener til at give Underretning om den Stilling i Forhold til Lodlinjen, som Organismen indtager, og hvorefter den i fornødent Fald kan foretage saadanne Bevægelser, der ændrer Stillingen til en for den mere gunstig. Ved de før omtalte geotropiske Bevægelser hos Planterne og for Dyrenes Orienteringsevne i Rummet spiller disse Sanseorganer en meget betydningsfuld Rolle.

For at denne Sansning kan komme i Stand, kræves der foruden de særegne for Tyngdekraften følsomme Celler, Statocyster, der

tydeligt nok er lokaliserede i bestemte Dele af Organismen, ogsaa Tilstedeværelsen i disse Celler af faste og forholdsvis tunge Smaalegemer, Statolither, der ved at synke ned gennem det flydende Protoplasma kommer til at udøve et Tryk paa de Dele af dette, der ligger nederst (i Tyngdekraftens Retning). Som saadanne Statolither synes hos Planterne særlig frit liggende Stivelsekorn at fungere, men der intet i Vejen for at antage, at Krystaller af oksalsur og kulsur Kalk eller af Kiselsyre o. a. kan have samme Betydning. De almindeligt i Dyreriget forekommende Udskilninger af større eller mindre Krystaller af kulsur Kalk i særegne Organer (Otolither eller »Hørestene«, se Fig. 43, S. 61), som man oprindelig opfattede som Sanseorganer for Lydoptagelse, har senere for en stor Del vist sig at være saadanne Ligevægtssanseorganer, som bl. a. ogsaa forekommer i det menneskelige Øre, hvis Labyrint med dens grødagtige Indhold af smaa Krystaller nu almindeligt opfattes som Ligevægts- og Orienteringssanseorgan, medens Høresansen er lokaliseret i »Sneglen«.

Hos Planterne finder man da tydeligt nok de paagældende Ligevægtssanseorganer lokaliserede i saadanne Dele, der er følsomme overfor Tyngden, d. e. er geotropiske. Allerede Ch. Darwin (1881) havde paavist, at dette for Røddernes Vedkommende særlig gjaldt Rodspidsen, medens det er et bag denne liggende Parti, der udfører den geotropiske Krumningsbevægelse, og senere er det af Němec (1900), Haberlandt o. fl. yderligere konstateret, at denne Følsomhed er knyttet til et bestemt Parti af Rodhætten, som hos de geotropisk følsomme Hovedrødder og Siderødder af første Orden er rigeligt forsynet med Stivelsekorn, medens disse helt eller næsten mangler i Siderødder af anden og tredje Orden, der som bekendt heller ikke er geotropisk følsomme. Naar da f. Eks. Hovedroden befinder sig i sin naturlige Stilling, pegende lodret nedad, vil Stivelsekornene i Rodhættecellerne være samlede i et eller flere Lag mod disses nederste Væg. Men naar Roden bringes i horizontal Stilling, vil de falde ned mod de nu nedadvendende Sidevægge og ved et Tryk paa Protoplasmahudlagene her fremkalde den Pirring, der foranlediger Roden til at krumme sig saaledes, at Rodspidsen atter kommer i sin naturlige Stilling. I Stængler og Bladstilke (ofte disses nederste bevægelige Parti) udgør det inderste Cellelag af Barken *(Endodermis)* en som oftest tydelig afgrænset Cylinder, der i Nærheden af Vækstpunkterne udmærker sig ved sit rige Indhold af Stivelse og derfor

ogsaa er bleven kaldt »Stivelseskeden« (se Fig. 144). Det har nu vist sig, at denne i Virkeligheden ogsaa fungerer som et Sanseorgan for Tyngdens Paavirkning og derigennem bliver bestemmende for de geotropiske Bevægelser, de overjordiske Organer udfører.

Foruden de her nævnte vil der muligvis opdages endnu flere Sanseorganer hos Planterne, svarende til dem, man kender fra Dyrene. Men dette turde være tilstrækkeligt til at vise, at der ogsaa paa et saadant Omraade som Sansningen, som man oprindelig troede var et særligt Privilegium for Dyrene, gælder fælles Grundlove i hele den levende Natur.

Hvad Dyrenes Sansning og vigtigste Sanseorganer angaar, der i deres Grundtræk er vel kendte og derfor ikke behøver nogen nærmere Dokumentation eller Beskrivelse paa dette Sted, skal her kun fremhæves, at de ikke indskrænker sig til de almindelige fem (Syn, Hørelse, Lugt, Smag og Følelse), som Mennesket efter den daglige Sprogbrug skal være i Besiddelse af, men at man har fundet en Del flere Sanser og dertil afpassede Sanseorganer.

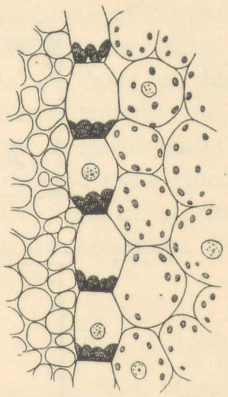


Fig. 144. Stivelseskeden med mørke Stivelsekorn af den epikotyle Stængel af Pralbønne *(Phaseolus multiflorus)*, visende Tværsnit af en Sidedel paa en horizontalt anbragt Stængel.

Vi omtalte netop, at Dyrene ligesom Planterne havde særlige Ligevægts- og Orienteringssanseorganer (Statocyster og Statolither), der tidligere havde været forvekslede eller slaaede sammen med Høreorganerne. En Beskadigelse eller Forstyrrelse i Funktionen af disse specielle Organer fører til saadanne Fænomener som Svimmelhed, Drejesyge, Mangelen paa Evne til at holde sig oprejst o. l. — Ved en anden særlig Sans er vi i Stand til at bedømme Vægten af en Genstand. En saadan menes at være lokaliseret dels i Musklerne, dels i Seneskederne. — Hvad man almindeligt kalder Følesansen, maa opløses i flere forskellige Sanser, hver med sit særlige Organ, som Tryksansen, Smertesansen, Varmesansen og Kuldesansen, der er lokaliserede i ganske smaa Organer (Punkter), som er meget ulige fordelte paa vort Legemes Overflade og i indre Organer, men hver i Forbindelse med særlige Nervetraade (se Fig. 145). Man kan f. Eks. under Narkose, ved

Hysteri eller ved Beskadigelse af visse Dele af Rygmarven finde Smertesansen sat ud af Funktion, medens rent mekaniske Tryk meget vel kan opfattes. Og muligvis har vi eller visse Dyr endnu flere Sanser, som f. Eks. en for elektrisk Paavirkning o. l.

Som bekendt har Dyrene jo (med Undtagelse af Protozoërne) deres særlige Ledningsorgan for Sanseindtrykkene i de sensible Nervetraade, der gennem Centralnervesystemet (højere eller lavere udviklede Ganglier se Fig. 38—41 S. 58—60) omsætter og bearbejder Indtrykkene, der da gennem andre Nervetraade som de motoriske udløser Bevægelser, kemiske Funktioner, Bevidsthedstilstande o. s. v. Som Følge heraf indtræder Reaktionen paa Sanseindtrykkene i Re-

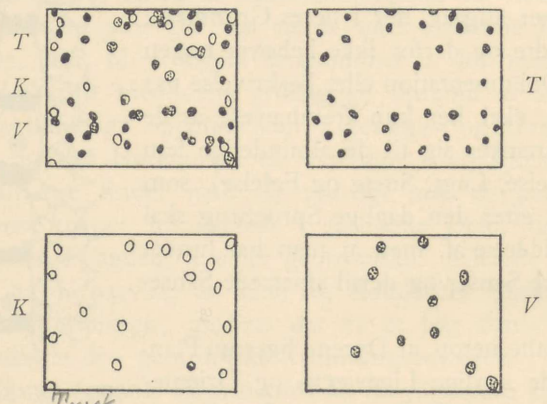


Fig. 145. Tyngdepunkter, *T*, Kuldepunkter, *K*, og Varmepunkter, *V*, paa samme Stykke Hud.

gelen langt hurtigere hos Dyrene end hos Planterne, og deres Virkninger kan blive des mere sammensatte, jo højere udviklet Centralnervesystemet er. Herpaa skal vi nu ikke komme nærmere ind, men blot pege paa, at i deres elementære og fundamentale Form forløber Sansefænomenerne efter samme Skema baade hos Dyr og Planter, og at de med Hensyn til Forholdet mellem Pirringsaarsagen og Pirringsreaktionen ogsaa følger de samme Love, f. Eks. den S. 515 omtalte WEBER-FECHNER'ske Lov, der først er opstillet for den menneskelige Sansnings Vedkommende, men senere bl. a. ogsaa har vist sig at have Gyldighed for Planternes Sansning. Og herpaa kan der nævnes flere andre interessante Eksempler.

For at et Sanseindtryk skal gøre sig gældende, kræves der bl. a., at Pirringsaarsagen virker med en bestemt minimal

Styrke (over Pirringstærskelen) og i en bestemt Tid (Perceptionstiden). Men nu har det for Menneskets Opfattelse af Lysindtryk vist sig, at en Række intermitterende, svage Indtryk kan opsummeres og virke som eet stærkere, længere varende, samlet Indtryk, efter den saakaldte TALBOT-PLATEAU'ske Lov, og denne har NATHANSOHN og PRINGSHEIM ogsaa fundet bekræftet for Planters heliotropiske Bevægelser. Ti Planternes Følsomhed overfor i sig selv svage Lysstyrker eller kort Tids Indvirkning af Lys (f. Eks. i $^1/_{1000}$ Sekund) er ofte lige saa fin som det højst udviklede Øjes. Dertil kommer endelig, at det samme Trætheds fænomen, som et dyrisk Sanseorgan kan udvise efter en overdreven Paavirkning, ogsaa kan gøre sig gældende ved Planternes Sansning, eller at narkotiske Gifte virker paa samme Maade paa begge. Og man har da Grund til at formode, at der i det hele taget gennemgaaende vil være Overensstemmelse mellem Sansefunktionerne i hele den levende Natur, medens naturligvis Sanseindtrykkenes Betydning for Organismen i sin Helhed kan blive væsentlig forskellig efter Graden i Udviklingen af det Centralnervesystem, som man endnu ikke har fundet noget tilsvarende af hos Planterne.

Instinkt og Forstand.

Ved Studier over Sansningsfænomenerne kan vi endnu bevæge os paa eksakt videnskabelig Grund, saa længe det drejer sig om Konstateringen af ydre Tegn paa Indtrykkenes Modtagelse eller Bygningen af og de synlige Forandringer i de Organer, i hvilke Sansningen finder Sted. Men Sagen bliver adskilligt vanskeligere, naar vi skal gaa over til at udrede de højere sjælelige Virksomheder, af hvilke Sansningerne er saa betydningsfulde Led, og for hvilke de ofte er en nødvendig Forudsætning. Ti her faar vi at gøre med Processer, som vi ikke kan udtrykke i Maal eller Vægt, og som vi derfor ofte kun kan undersøge paa os selv eller andre menneskelige Individer, der kan give direkte Meddelelse om Beskaffenheden af deres indre Sjæleliv, saa vi i enhver Forklaring paa tilsvarende Fænomener fra andre Organismer maa tage vor Tilflugt til Analogislutninger fra vore egne Erfaringer.

Det Omraade af Livsytringerne, som der da her bliver Tale om, nemlig vort Tanke-, Følelses- og Viljesliv, er jo i strængeste Forstand af rent subjektiv Art, da det endog ofte und-

drager sig vor direkte Selviagttagelse, for saa vidt meget af det kan foregaa under Bevidsthedens Tærskel (dette Udtryk taget i meget vid Betydning). Skal vi derfor afgøre, om andre Væsener er i Besiddelse af lignende sjælelige Evner, kan vi egentlig aldrig føre noget sikkert Bevis herfor, men maa holde os til mer eller mindre velbegrundede Antagelser. Og dette saa meget mere, som mange Dyr og Planter foretager Handlinger af samme Kvalitet som dem, vi selv udfører i Kraft af forstandsmæssigt Overlæg, i Tilfælde, hvor vi af forskellige vægtige Grunde maa gaa ud fra, at et saadant ikke har været Foranledningen til disse.

Der maa altsaa ved Undersøgelsen af det højere Sjæleliv tages andre Metoder end de rent naturvidenskabelige til Hjælp, fordi vi faar med en ny Faktor, maaske en særlig Energiform, den sjælelige, at gøre, der ikke uden videre kan betragtes som værende af fysisk Natur, eller som vi i hvert Fald ikke kender noget fysisk Ækvivalent for, i hvor nøje Forbindelse med og Afhængighed af fysiske Kræfter den end synes at staa.

Vi maa da foreløbig tage det sjælelige som noget givet, som et Udtryk for Kræfter, der rører sig i os, uden at vi har noget nærmere Kendskab til deres Natur eller deres Forhold til andre fysiske Kræfter. Men er de os end i flere Henseender endnu gaadefulde, har vi dog ingen Grund til at tro, at de ikke skulde være lige saa lovbundne i deres Virkemaade som andre Naturkræfter, eller at de ikke altid skulde virke i nøje Harmoni med disse. En stor Vanskelighed for deres nærmere Udforskning ligger deri, at det just er ved Hjælp af dem, vi overhovedet forsker, saa vi skal ligesom gaa bag om vor egen Bevidsthed og Følelsesliv for at faa et objektivt Billede af dem, hvilket selvsagt ikke lader sig gøre. Vi er altsaa her stødte paa et Omraade, der ligger paa Grænsen af vor Erkendelse, og om hvilket vi da ikke kan vente nogensinde at faa fuld Klarhed. Men dette hindrer dog ikke, at Kendskabet til vort eget Sjæleliv endnu kan uddybes rent videnskabeligt meget betydeligt, navnlig der, hvor vi kan tage de saakaldte psykofysiske Metoder til Hjælp ved dets Udforskning.

Men det skal straks siges, at vi befinder os paa gyngende Grund, saa snart vi vil til at begrunde Forekomsten af højere sjælelige Funktioner hos andre Organismer end os selv, og des mere, jo mere fjernt beslægtede disse er med os. Derfor kan de Videnskaber, der kalder sig Dyre- og Plantepsykologi, kun i meget ringe Grad henregnes til de eksakte, saa snart de vover sig udenfor Refleks-

og Sansepsykologien; og de Forskere, der giver sig af hermed, vil — hvor fortjenstfuldt deres Arbejde end kan være — meget let staa Fare for at komme ud i en altfor spekulativ og uvidenskabelig Behandlig af Problemerne.

Idet vi tager dette Forbehold, er det ingenlunde for à priori at ville benægte Tilstedeværelsen af et højere Sjæleliv hos Organismer, hvis anatomiske Bygning og hele Udvikling er væsentlig forskellig fra eller i Almindelighed maa siges at staa langt lavere end vor egen, men vi vil betone, at de, der forfægter en saadan Antagelse, endnu i Hovedsagen bygger paa et hypotetisk Grundlag, hvis væsentligste Basis er Analogislutninger fra Menneskelivet[1]). Meget beror derfor paa disses Berettigelse, der maa søges i Overensstemmelsen dels mellem de Handlinger, der skulde være Udslag af det højere Sjæleliv, dels mellem den anatomiske og histologiske Udformning af de Organer, til hvilke dette maa antages at være knyttet.

Lad os da først se paa, hvor langt vi kan komme ad den Vej ved en Sammenligning mellem os selv og de Organismer, der er i Besiddelse af et Centralnervesystem som vi, idet vi her gaar ud fra Grundtrækkene i det menneskelige Sjæleliv som noget bekendt. Senere vil vi saa undersøge, hvad der berettiger til at antage højere sjælelige Funktioner hos saadanne Organismer, der ikke vides at have noget til et Centralnervesystem svarende Organsystem.

Man kan opstille en stigende Skala for Udviklingsgraden af de Handlinger, der er Udtryk for et lavere og højere Sjæleliv (dette Ord taget i videste Betydning, se S. 526), nemlig 1) de simple Reflekser, der udløses i en enkelt Celle eller et enkelt Organ (f. Eks. i Sanseorganer) under Indvirkning af en ydre Faktor; 2) de spontane Handlinger (i Regelen ogsaa Bevægelser), der udføres uden ydre Paavirkning ved Udløsning af opsamlet Spændkraft inde i de levende Celler; 3) Instinkthandlinger, der foranlediges ved Indrryk udefra, men er langt mere sammensatte

[1]) Nogle Forskere (som H. E. Ziegler) hævder ganske vist, at Dyrepsykologien er en selvstændig Videnskab, der, fordi Dyresjælen er et Forstadium til Menneskets Sjæl, giver Nøglen til Forstaaelsen af det menneskelige Sjæleliv. Men man kan dog, som Wundt har fremhævet, ikke komme udenom, at Dyrepsykologien overalt bygger paa bekendte Forhold fra det menneskelige Sjæleliv og overalt maa anstille Sammenligninger hermed, hvor noget skal forklares.

og hensigtsmæssige end Reflekserne og ofte sigter mod et for hele Organismen betydningsfuldt mere eller mindre fjernt Maal, men som dog kan udføres ubevidst og uden Forstaaelse af deres Betydning; 4) Driftshandlinger, der udføres i Kraft af en uvilkaarlig Trang, men i klar Bevidsthed om Maalet, og endelig 5) Viljeshandlinger i snevrere Betydning, der er Resultatet af forudgaaende Overvejelse, Forsæt og Beslutning. Dette er omtrent de Definitioner, som er anvendte af H. HØFFDING i hans Psykologi. Hvilke af disse kan vi nu genfinde udenfor os selv og hvor?

At Reflekserne tilkommer alt levende, er i det foregaaende paa mangfoldige Maader dokumenteret, og den spontane Aktivitet maa vel ogsaa kunne betragtes som en nødvendig Betingelse for, at det levende Stof overhovedet kommer i Kontakt med Omgivelserne, bl. a. for at det kan optage Næring, assimilere og vokse. Men hvor langt de øvrige Tegn paa Sjæleliv kan følges ned i Udviklingsrækken, er der endnu stor Uenighed om.

Man har tidligere villet hævde — og det sker fra ortodoks kristelig Side ofte endnu — at alt, hvad Dyrene foretager sig af hensigtsmæssige Handlinger, gør de ud fra Instinkter og uden Eftertanke eller Forstand, da disse sidste Goder alene skulde tilkomme det i Guds Billede skabte Menneske, og der bl. a. i saa Henseende skulde være en dyb Kløft mellem dette og Dyrene. Skønt fremragende Videnskabsmænd som Jesuiten ERICH WASMANN endnu bestandig søger videnskabeligt at begrunde en saadan Opfattelse for at være i Overensstemmelse med den katolske Lære ogsaa paa dette Punkt, bliver den Slags Forklaringer dog ganske kunstlede. Det er først og fremmest DARWIN, der har sprængt denne unaturlige Skranke mellem Dyr og Mennesker ved foruden de mange andre Argumenter for Menneskets Afstamning fra nærstaaende Dyreformer (se S. 80—83) at fremdrage et aldeles overvældende rigt Materiale af Eksempler paa, dels hvilken overordentlig stor Rolle Instinkterne spiller i Menneskets Liv, dels hvilken Betydning de sympatiske Følelser og forstandsmæssige Handlinger har for en Mængde Dyrearters Eksistenskamp, og dels Tilfælde, hvor Instinkter og forstandsmæssige, tillærte Færdigheder baade hos Mennesker og Dyr glider jævnt over i hverandre, idet navnlig de sidste efter nogen Tids Øvelse kan udføres rent mekanisk og ubevidst, saa snart de udløses af en eller anden ydre Faktor. Det kan da undertiden være vanskeligt at afgøre, hvad der er instinktive og hvad forstandsmæssige Handlinger, men H. E. ZIEGLER opstiller

en Distinktion herimellem, som synes særdeles brugbar, og som vi derfor skal gengive her:

En Handling maa anses for at være **instinktiv**, naar den

1) er nedarvet, d. v. s. naar Driften og Evnen til Handlingen hører til Artens eller Racens arvelige Egenskaber;

2) ikke nødvendigvis forud maa læres;

3) i det væsentlige udføres ens af alle normale Individer af Arten eller Racen;

4) svarer til Dyrets legemlige Organisation og altsaa staar i Forhold til den normale Brug af Sanseorganer, Lemmer o. s. v.;

5) er tilpasset til Artens naturlige Levevis, ofte ogsaa hænger sammen med de regelmæssige Forandringer i de naturlige Livskaar, f. Eks. med Aarstiderne.

En Handling maa anses for at være **forstandsmæssig**, naar den

1) er erhvervet i det individuelle Liv, d. v. s. beror paa en tidligere Erfaring, Indprægning eller Øvelse hos Individet;

2) nødvendigvis forud maa være lært, erfaret, indpræget eller indøvet;

3) udføres forskelligt, alt efter den forudgaaende Erfaring, Indprægning eller Øvelse;

4) vel er mulig efter, men ikke betinget af Bygningen af de legemlige Organer (Sanseorganer, Lemmer o. s. v.);

5) er tilpasset til Individets hidtidige Levevis.

For tydeligere at fastslaa Forskellen mellem Instinkt og Forstand anfører ZIEGLER saa bl. a. følgende Eksempler. Naar en Høne skraber i Jorden og æder de Orme og Insekter, den derved bringer for Dagen, er dette en instinktiv Virksomhed, ti alle Høns gør saaledes, i givet Tilfælde ogsaa uden at have modtaget moderlig Vejledning. Men naar Hønsene paa Kokkepigens Kalden styrter til langvejs fra for at faa deres daglige Foder, saa stikker der deri en individuel erhvervet Forbindelse i Opfattelsen mellem denne Kalden og Foderet, og Fænomenet hører til de forstandsmæssige Handlinger. — Naar en Hund snuser til en Vejvisersten, saa sker dette rent instinktivt, ti Hunden er ved sin fortræffelige Lugtesans, men sit relativt svage Syn af Naturen henvist til at indpræge sig Lokaliteterne efter Lugten for at orientere sig i en Egn. Men hvis den springer op paa sin Herre, naar denne trækker sin Kappe paa, saa er dette et Tegn paa Forstand, ti den har nu lært sig, at Iførelsen af Kappen betyder Forberedelsen til at gaa ud. — Naar en Bi flyver hen til en farvet Blomst for at søge

Honning, er denne Handling instinktiv, ti alle Arbejdsbier gør dette, selv første Gang de forlader Kuben. Men naar en Bi ved Tilbagekomsten kender sin Kube derpaa, at Biavleren har malet en rød eller blaa Plet over Indgangen, saa er dette ikke noget instinktivt, ti Bien maa i Forvejen have indpræget sig det farvede Tegn.

Slige Eksempler saavelsom Dressur eller en Mængde frivilligt og naturligt indøvede Handlinger, som Dyr kan foretage sig, deres Genkendelse af Personer og Steder o. s. v., viser, at de maa være i Besiddelse af en vis Erindring og Evne til at kombinere Sanseindtryk ad forstandsmæssig Vej. De Udtryk, de kan give for Glæde og Sorg, for Hengivenhed og Vrede, deres Omsorg for Afkommet og indbyrdes Hjælpsomhed lader heller ingen Tvivl tilbage om, at deres Følelsesliv kan være ret højt udviklet. Men meget af det, der kan se ud som Tegn paa en særlig højt udviklet Forstand, maa dog betegnes som værende af fuldkommen instinktiv Natur, f. Eks. Evnen til at bygge de mest kunstfærdige Reder og Boliger, som mange Fugle og Insekter (Bier, Termiter) har, ti dette kan Dyrene gøre i Kraft af nedarvede Færdigheder, uden nogensinde at have set andre gøre det, af hvem de kunde have lært det; og da alle til en Art hørende Individer udfører saadanne Handlinger paa samme Maade, kan det ikke være noget, som den enkelte har udtænkt eller fundet paa. Paa den anden Side gaar mange af Menneskets Handlinger, som vi ofte møjsommeligt maa lære os til, f. Eks. at gaa, cykle, danse, tale, skrive o. s. v., over til at blive rent instinktive, saa at vi kan udføre dem mekanisk uden at tænke over, hvordan de skal gøres.

Fra Dyr som Aber (Chimpanser og Orangutanger) har man utvetydige Eksempler paa, hvorledes de efter forstandig Overvejelse kan planlægge og udføre ret sindrige Handlinger, som intet Instinkt kunde have forberedt dem til, saa der er ingen Tvivl om, at ogsaa disse Dyr kan have en veludviklet Forstand. Men at der er en stor Forskel i saa Henseende saavel mellem de forskellige Arter og Racer som mellem de enkelte Individer indenfor samme Art eller Race, er vel bekendt.

Og ser vi udviklingshistorisk paa Spørgsmaalet, er alt dette jo ogsaa ganske naturligt. Indenfor en enkelt Dyrerække som Hvirveldyrene falder de ydre Tegn paa højere sjælelige Egenskaber paa det nøjeste sammen med Udviklingen af deres Centralnervesystem, hvis anatomisk-fysiologiske Udforskning har givet de skønneste Resultater for Forstaaelsen af Sjælelivet overhovedet. Lad os da

et Øjeblik se lidt paa de anatomiske Forhold hos Hvirveldyrenes Centralnervesystem.

Vi ved nu med Sikkerhed, at vort højere Sjæleliv paa det nøjeste er knyttet til Udviklingen af vor store Hjerne og særlig til dennes graa Substans, Hjernebarken. Det, der karakteriserer Menneskets Hjerne, er: 1) at den udgør en relativt større Del af det samlede Nervesystem end hos noget Dyr; 2) at Storhjernen igen er saa fremherskende i Forhold til den øvrige Hjernemasse og Rygmarven; 3) at Hjernebarken med dens Utal af Ganglier atter er særlig kraftigt udviklet, og at der paa dennes Overflade findes et meget større Antal Folder (Vindinger) end paa noget Dyrs Hjerne, for saa vidt saadanne overhovedet forefindes hos Dyrene. (Se Fig. 38, S. 58.)

De lavest staaende Menneskeracers Hjerne vejer 900—1000 Gram, den hvide Races gennemsnitlig 13—1400 Gram, men en Chimpanses Hjerne vejer kun c. 350—400 Gram, en Gorillas kun c. 425 Gram. De Pattedyr, der i Intelligens staar Mennesket nærmest, som Aber, Hunde, Ræve, Heste og Elefanter, hører ogsaa netop til saadanne Grupper, der har en forholdsvis veludviklet Storhjerne med foldet Overflade, og hos Mennesket staar Fremkomsten af Folderne i Forhold til Udviklingen af Sjælelivet. I den femte Maaned af Svangerskabet er Barnets Hjerne endnu uden Folder, i den sjette Maaned staar den i saa Henseende paa samme Trin som de lavest staaende Abers (med kun faa Vindinger). I Løbet af den syvende og ottende Maaned kommer den paa Højde med de menneskelignende Abers, men senere naar den langt forud for disse med Hensyn til Vindingernes Antal.

Gaar vi længere ned i Pattedyrrækken eller til andre Grupper af Hvirveldyr, forsvinder Hjernefolderne helt, og Hjernemassens relative Størrelse tager stadig af. Dens Betydning bliver da ogsaa mindre og mindre, saa enten Storhjernen eller ogsaa hele Hjernen kan opereres bort, uden at Dyret straks dør eller bliver ude af Stand til f. Eks. at tage Føde til sig eller udføre visse Sansefunktioner. Hos Benfiskene er Hjernebarken saa tynd, at den endog længe undgik at blive opdaget. Det lavest staaende Hvirveldyr, Lancetfisken *(Amphioxus)*, har overhovedet slet ingen Hjerne, men Rygmarven repræsenterer hele dens Centralnervesystem. Paa disse lavere Trin af Hvirveldyrrækken har man da Grund til at antage, at ingen af de højere Sjæleevner findes, der hos Mennesket har deres Sæde i Storhjernen.

Efter dette og hvad der ellers foreligger som ydre Tegn paa Dyrenes Intelligens, synes det da at være berettiget herfra at drage Analogislutninger om Sjælelivets Udvikling, saalænge vi holder os indenfor samme Dyrerække. Men uberettiget vilde det maaske være i saa Henseende at sammenligne den ene Dyrerække med den anden, naar deres Centralnervesystem er opbygget efter væsentligt andre Principer. Man tænke her kun paa de Nerveknuder, der repræsenterer saa intelligente Dyrs som Biernes og Myrernes Centralnervesystem, men som hidtil kun har givet meget ufuldstændige Holdepunkter for en Forklaring af disse Dyrs høje Aandsevner.

Derfor vil det ogsaa være for dristigt uden videre at paastaa, at de Dyr (Protozoërne) og Planterne, hos hvilke man ikke hidtil har kunnet paavise Organer, der svarer til et Nerve- og specielt til et Centralnervesystem, skulde være blottede for alt højere Sjæleliv. Her maa man se paa de Handlinger, de udfører, og undersøge, om de er af samme Art som dem, der skyldes Instinkter og Forstand, eller om de kan forklares paa anden Maade. Hvis ikke, har man paa Forhaand ikke Lov til helt at afvise Paastanden om højere Sjæleevner hos disse Væsener.

Protozoërnes og visse Amøbers aktive Opsøgen af deres Bytte og deres Valg i saa Henseende imellem forskellige nærstaaende Former, Planterøddernes føromtalte Evne til af en Næringsopløsning at udvælge netop de Stoffer, de har Brug for, Dannelsen af forskellige Fordøjelsesenzymer efter det foreliggende Næringsmiddels Art, forskellige morfologiske og anatomiske Bygningsforandringer, der bringer Planterne i Overensstemmelse med ekstraordinære ydre Kaar, de S. 516 omtalte Nutationer, Planternes hensigtsmæssige, men ofte diametralt forskellige Reaktion paa Pirringsmidler, deres Paavirkning af bedøvende Midler o. m. a., og overhovedet alt, hvad man kalder deres Selvregulering, men som ikke hidtil fyldestgørende har kunnet forklares ud fra kendte fysiske og kemiske Love, kunde vel lede Tanken hen paa et højere Sjæleliv med Instinkter, Intelligens, Vilje o. s. v. ogsaa hos disse Organismer. Men der vindes dog næppe noget positivt videnskabeligt Udbytte ved at indskyde saadanne Antagelser som Led i en Aarsagskæde, naar det samme Resultat kan naaes ved de Metoder efter hvilke man hidtil har arbejdet med denne ubekendte Faktor. At den af FRANCÉ og hans Tilhængere forkyndte nye Epoke i Botaniken skulde indtræde ved at opstille en særlig Plante-

psykologi som Arbejdshypotese for Plantefysiologien, er der derfor ingen Grund til at vente, da vel næppe nogen overhovedet vil benægte sjælelige Virksomheders Forekomst hos Planterne saa lidt som hos Dyrene. Ti skønt saadanne forlængst har været anerkendte hos flere af de sidste — og jo først og fremmest hos Menneskene — vides de dog ikke i nogen særlig Grad at have befordret Forstaaelsen af de almindelige fysiologiske Processer i den dyriske Organisme. De værdifuldeste Kundskaber herom har vi, som i Plantefysiologien, hidtil faaet gennem Anatomien, Fysiken, Kemien og selve det fysiologiske Eksperiment.

6. Forplantning og Fosterudvikling.

Vidunderligere end enhver anden Livsytring synes for en umiddelbar Betragtning vel nok de levende Væseners Evne til at forplante sig — eller forny sig selv gennem Afkom — at være. Og hvor dagligdags dette Fænomen end er, har ethvert nyt Individs Opstaaen dog al Æventyrets Straaleglans om sig.

Dette f. Eks., at der af et befrugtet Fugleæg, hvis Blomme repræsenterer en enkelt — kæmpemæssig — Celle, i Løbet af nogle Uger ved en passende Temperatur — hvad enten denne tilvejebringes af den rugende Fugl eller af en Rugemaskine — kan fremkomme en af Myriader af Celler og de mest forskelligartede Organer og Væv bestaaende ny lille Fugl, der undertiden straks kan gaa eller svømme omkring og i det væsentligste klare sig paa egen Haand, saa snart den er sluppen ud af Ægget, er jo noget, der ikke blot kan fylde et Barn, men i lige saa høj Grad en mere erfaren Sjæl med frydefuld Forundring. Eller at der af et næppe synligt, befrugtet Menneskeæg i Moders Liv i Løbet af nogle Maaneder kan udvikle sig et lille fortryllende Menneskebarn, vil alle Dage kunne inspirere Æventyrdigtere og hos andre vække betagende Ærefrygt for den Natur, der frembringer slige Vidundere.

Og naar vi saa nu ved, at Oprindelsen til alle højere og de fleste lavere Dyr samt til de allerfleste Planter, fra den uanseligste Alge til det kæmpemæssige Træ, i alle Grundtræk er den samme som til Mennesket, idet den beror paa Foreningen af to Kønsceller, der som oftest er af ganske samme ydre Type hos de mest

forskellige Grupper af Organismer — saa er der næppe noget Punkt, hvor Slægtskabet mellem alt levende træder os saa tydeligt i Møde, eller hvor vi kan paavise saa præcise og klare fælles Grundlove for Livet som her. En nærmere Undersøgelse vil desuden vise os, at det ikke alene er i de ydre Træk, men i nok saa høj Grad i den indre Bygning af Kønscellerne og i disses indbyrdes Forhold under Befrugtningen, at denne Overensstemmelse findes, tiltrods for de Forskelligheder, der dog maa være tilstede, og som betinger den højst forskelligartede Udformning under den senere Udvikling af de enkelte Arters Fostre.

Den fundamentale Betydning, Forplantningen har for Livets Opretholdelse paa vor Jord, er jo selvindlysende, fordi det alene er gennem den, at Arternes fortsatte Eksistens sikres, saa Individer med begrænset Levetid kan fortsætte i kontinuerlig Rækkefølge gennem et ubegrænset Antal af Generationer. Og hvilken Vægt der i Naturen lægges paa at faa Forplantningen rettidig fuldført, er lige saa iøjnefaldende, idet der ikke er nogen Livsvirksomhed, om hvilken Organismerne koncentrerer saa megen Energi, eller som paa et givet Tidspunkt af deres Liv saaledes dominerer alle andre Funktioner som denne. Ja, hele Udviklingen før Forplantningsperioden er jo kun en Forberedelse til denne, og selve Forplantningen er den eller de »store Begivenheder« i enhver Organismes Liv, det Maal, mod hvilket alt levende bevidst eller ubevidst higer og stræber, om det maa være tilladt at bruge saadanne billedlige Udtryk uden ellers at ville mistænkes for at anlægge teleologiske Synspunkter i sin Naturopfattelse.

Under Forplantningen kulminerer da ogsaa Livsudfoldelsen. Planter og Dyr klæder sig til denne Højtid i deres fagreste Skrud, og Energiproduktionen er langt større end ellers, skønt Dyr som mange Insekter, Fisk (Laksen) og visse Pattedyr (Hjortehanner) i Parringstiden slet ikke tager Føde til sig, men helt er beherskede af Forplantningsdriften. Til Gengæld kommer saa ofte en Række andre Evner til Udfoldelse under denne. Fuglehannerne præsterer deres fineste Sangkunst, mange Dyr opfører ejendommelige Lege, de hæftigste Kampe føres mellem rivaliserende Hanner om de efterbejlede Hunner (se Parringskampe S. 301), og det er overflødigt at komme nærmere ind paa, hvorledes Stemningslivet vaagner og uddybes hos unge Mennesker med Pubertetens Indtræden, og de hæftigste Sindsbevægelser fra den mest jublende Lykkefølelse til den dybeste Fortvivlelse eller en Sanserus, der helt til-

slører alt fornuftigt Omdømme, kan bringe Personligheden ganske ud af Ligevægt.

Den mægtige Urdrift, der lægger Spiren til den fremtidige Generation, virker hos Mennesket paa mangfoldige andre Maader udløsende paa Kræfter og Evner, saa den i mere end een Henseende i sit Væsen er skabende og fornyende. Ved sin rhytmiske Optræden hos alt levende fremtræder den som selve Livets Pulsslag, der aldrig maa standse, hvis Døden ikke helt skal blive Herre i Naturen.

Forplantning.

Forplantningsevne i videste Forstand er et Særkendemærke for det levende Stof. Ti de mindste Livsenheder, som vi her efter RUBNER har kaldt Bionterne (se S. 404), maa jo, idet de antages at have en begrænset Størrelse, formere sig, naar deres Masse forøges ved Optagelse og Levendegørelse af livløst Stof. I Planternes og Dyrenes Celler findes der desuden en Række relativt selvstændige Dannelser som Kromatoforer (f. Eks. Bladgrøntlegemerne) og Cellekærner, der tydeligt nok kun opstaar ved Deling eller Forplantning af allerede eksisterende lignende Organer. Og som tidligere nævnt dannes nye Celler kun ved Deling af andre Celler og aldrig af en Stofmasse, der ikke har cellulær Bygning, saaledes som f. Eks. Krystaller kan udskilles af en Moderlud.

Undertiden udgør en enkelt Celle jo et helt Individ, og dettes Forplantning falder da nøje sammen med en Celledannelse. Men det har vist sig, at den første Oprindelse til alle de Individer, der bestaar af flere og ofte utallige Celler, ligeledes kan føres tilbage til en enkelt saadan, der paa et givet Tidspunkt altsaa maa forene i sig alle de Anlæg, der senere kommer til Udvikling i det nye Individs forskellige Celler og Organer. Denne Individernes Forplantning, eller det, man i daglig Tale almindeligt forstaar ved Forplantning overhovedet, er derfor et Cellefænomen, af hvilket man ikke kan erhverve sig nogen dybere Forstaaelse uden Kendskab til Cellernes Forplantning. Og da denne igen hænger nøje sammen med Forplantning af Cellernes enkelte Organer, bl. a. Kærnerne, og vi til syvende og sidst naturligvis her ender med Bionternes Forplantning, vil det være af største Betydning for Forstaaelsen af Forplantningsfænomenet i Almindelighed at søge saa langt tilbage eller saa dybt ned som muligt i alle herhen hørende Forhold.

Om Bionternes — disse foreløbig rent hypotetiske smaa Livsenheders — Forplantningsmaade ved vi intet nærmere. Vi anser det blot for givet, at de ogsaa forplanter sig, fordi vi endnu aldrig har set levende Stof opstaa direkte af livløst Materiale (se forøvrigt herom i Slutningsafsnittet af denne Bog). Men om Cellernes og Cellekærnernes Forplantning ved vi derimod adskilligt, som navnlig den sidste Menneskealders ihærdige Forskning paa dette Omraade har skaffet Klarhed over, og vi maa derfor indlede dette Afsnit med en kort Udvikling af Hovedtrækkene i Cellernes Dannelsesmaade, uden hvilken bl. a. Befrugtningsprocessen slet ikke vil kunne forstaaes.

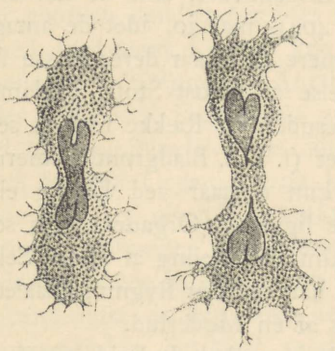


Fig. 146. Direkte (amitotisk) Kærnedeling i et hvidt Blodlegeme af en Frø. Delingen fuldføres i Løbet af 5 Minutter.

Cellernes Forplantning. Hos enkelte encellede Organismer som Bakterierne og de blaagrønne Alger har man endnu ikke sikkert paavist en Cellekærne, og disse Cellers Forplantning synes derfor ganske simpelt at foregaa paa den Maade, at en Celle deler sig i to, ved at der dannes en ny Skillevæg tværs igennem den. (Se Fig. 8, S. 25.) I andre Celler, der indeholder flere ensartede Kærner, synes Celledelingen at foregaa ret uafhængigt af og ikke altid i Forbindelse med Kærnedelinger. Hvor der derimod foruden en eller flere mindre Bikærner findes en enkelt stor Hovedkærne i en Celle, som hos mange Infusorier, eller hvor der kun findes een Kærne, hvilket er det almindeligste Forhold saavel i Dyre- som i Planteceller, gaar der altid en Deling af denne eller af Hovedkærnen og Bikærnerne umiddelbart forud for den egentlige Celledeling, saa hver af de nye Celler faar Modercellens Kærnesubstans ligeligt fordelt mellem sig. Dette synes undertiden ganske simpelt at foregaa paa den Maade, at Kærnen indsnøres eller skæres over paa Midten — ved den saakaldte direkte Kærnedeling eller Amitose (se Fig. 146) — hvorefter Kærnehalvdelene fordeles paa de to nye Celler. Men i Regelen kan man under Kærnedelingen iagttage en Række Forandringer og Omlejringer i dens

enkelte Bestanddele, før Fordelingen finder Sted, og denne foregaar paa en saa omstændelig Maade, at den kræver lidt nærmere Forklaring. Man har kaldt denne

Den indirekte Kærnedeling, Mitose eller Karyokinese. Den hvilende Cellekærne bestaar som omtalt S. 49 (se og-

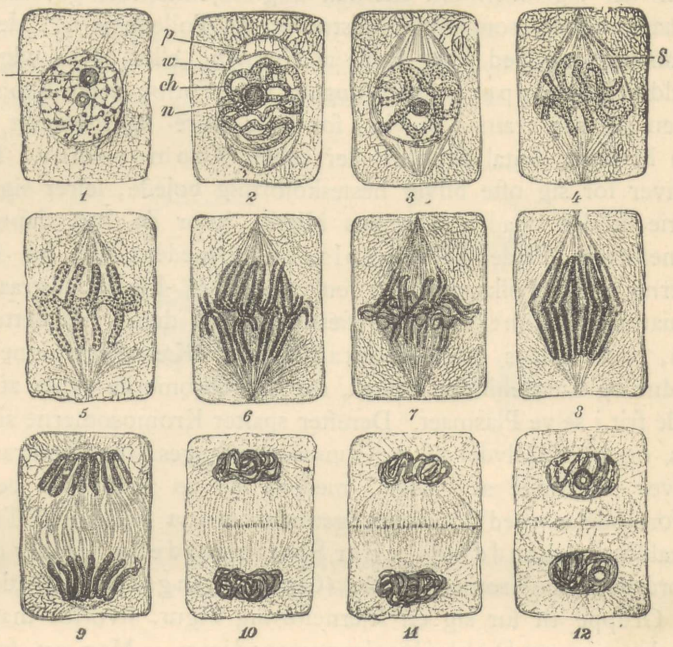


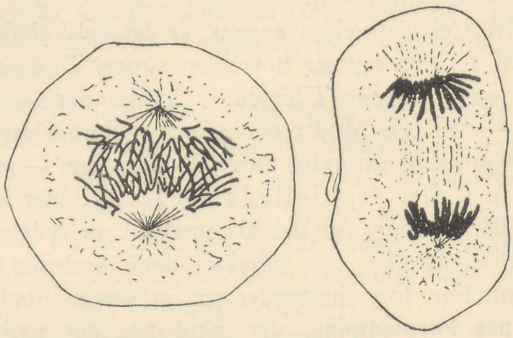
Fig. 147. Celledeling med indirekte (mitotisk) Kærnedeling fra en Blomsterplantes Vækstpunkt, noget skematiseret. *1* Den hvilende Cellekærne med Kærnehinde, Kærnelegemer og Linintraade med Kromatinkorn. *2—12* De forskellige Delingsstadier, hvorom nærmere i Teksten. *w* Kærnehinden, *n* Kærnelegeme, *ch* Kromosomer, *p* Polkappe, *s* Tentraade. I *9—11* ses mellem Kærnehalvdelene Forbindelses- eller Støttetraadene udspændte. I *10—12* den nydannede Cellevæg (Cellepladen).

saa Fig. 24) af flere forskellige Bestanddele som Kærnehinden, de i et særligt Maskenet af Linintraade fordelte Kromatinkorn, en imellem Maskerne optrædende mere flydende Kærnesaft og dernæst et eller flere saakaldte Kærnelegemer, medens der ude i Plasmaet i nøje Tilslutning til Kærnen ofte findes et eller to Pollegemer eller Centrosomer, der ogsaa synes at spille en vigtig Rolle ved Kærnedelingerne.

Naar en saadan Kærne begynder paa en indirekte Delingsproces (se Fig. 147), kan man (ved Hjælp af Farvninger o. l.) iagttage ejendommelige Forandringer i den. Kromatinkornene svulmer op og forener sig perlesnorformigt i én lang Traad, der er rullet sammen som et Nøgle (Traadnøglestadiet) og samtidig samler der sig uden om Kærnen nogle ejendommelige, traadede Plasmadannelser, som enten udstraaler fra Pollegemerne, der nu har anbragt sig ved hver Ende af Kærnen, eller ogsaa udgør to saakaldte Polkapper. Efter nogen Tids Forløb deler Kromatintraaden sig paa tværs i et vist, for hver Dyre- og Planteart i Regelen bestemt, Antal Stykker, der kaldes Kromosomer. Disse, der hver for sig ofte bliver hesteskoformig bøjede, lejrer sig med de frie Ender udad i Kærnens Midte, hvor de kan danne en stjærneformig Plade (Kærnepladen), medens de fra Pollegemerne eller Polkapperne i en tenformig Figur udstraalende Plasmatraade (Tentraadene) fæster sig paa dem. Paa dette Stadium, der kaldes Stjærnestadiet, er Kærnelegemerne forsvundne og Kærnehinden opløst, saa Kromosomerne synes at være lejrede frit i selve Plasmaet. Derefter spalter Kromosomerne sig paa langs, og hver Halvdel af et Kromosome drages langs Tentraadene til hver sin Ende af Cellen, medens de to indbyrdes bevarer en Forbindelse med hinanden gennem et nyt System af Traade, der kaldes Forbindelses- eller Støttetraadene. Under denne Omordning af Kromosomerne (Omordningsstadiet) danner hver Gruppe tit for sig en stjerneformig Figur, hvorfor man ogsaa taler om et Dobbeltstjærnestadium. Men nu forener saa ellers hver Gruppe af Kromosomhalvdele sig til én lang Kærnetraad, der er rullet op i et Nøgle (Dobbeltnøglestadiet), indtil de nydannede Kærner faar Moderkærnens oprindelige Struktur med Kromatinkorn fordelte i et maskeformigt Net af Linintraade, medens der igen optræder Kærnelegemer, og det hele omsluttes af en Kærnehinde.

Denne Kærnedeling efterfølges nu sædvanlig straks af en Celledeling, d. v. s. en Adskillelse af Plasmaet i to Dele, som omgiver de nydannede Kærner, og hvor Cellerne er forsynede med en fast Væg (som de fleste Planteceller), opstaar denne som vist i Fig. 147 ved, at der optræder en Mængde smaa Korn i Forbindelsestraadene mellem Døtrekærnerne, og der heraf dannes en sammenhængende Plade (Cellepladen), som enten straks eller efterhaanden forbinder Modercellens Sidevægge med hinanden.

Forløbet af den indirekte Kærnedeling er i Grundtrækkene ens baade i Plante- og i Dyreriget, saavel hos de laveste som hos de højeste Repræsentanter for disse. Bl. a. udmærker netop de lavest staaende Former (Protofyter og Protozoër) sig ofte ved at vise ganske særligt smukke Kærnedelingsfigurer med et meget stort Antal af Kromosomer. (Hos visse Radiolarier har man endog talt indtil 1600). Fig. 148, der fremstiller to Delingsstadier fra Overhudsceller af Salamanderen, er jo ogsaa i den nøjeste Overensstemmelse med de tilsvarende Stadier af Kærnedelingen fra Celler i Vækstpunktet af en Blomsterplante, som er fremstillede paa Fig. 147.



A *B*

Fig. 148. To Stadier af mitotisk Kærnedeling i Overhudsceller af Salamanderen. *A* Omordningsstadiet. *B* Dobbeltstjærnestadiet.

Angaaende Pollegemernes Optræden under Kærnedelingerne hersker der endnu nogen Uklarhed. Medens de kan paavises hos næsten alle dyriske Celler og hos mange lavere Planter (Svampe og Alger), og de her deler sig før eller samtidig med Kærnerne, paastaaes det, at de ikke forekommer hos de højere Planters Celledelinger. Vi vil senere (under Omtalen af Befrugtningsprocessen) komme tilbage til deres Natur og Oprindelse. (Se Fig. 154 og 155).

Den hele omstændelige indirekte Kærnedelingsproces forløber i Almindelighed ret hurtigt og kan ofte bringes til Ende i Løbet af $^1/_2$ til nogle Timer. Det særlig karakteristiske for den er, at Kærnens Dele og navnlig dens Kromatinsubstans fordeles ligeligt mellem de to nye Kærner, ja endog saaledes, at de enkelte Kromatinkorn, hvis Konturer ofte tydeligt kan iagttages i Kromosomerne, spaltes i to lige store Halvdele. Mærkeligt er ogsaa det

før berørte Forhold, at der i hver Plante- og Dyreart optræder et ganske bestemt Antal Kromosomer, fra to til flere Hundrede (i de vegetative Celler), sædvanlig mellem 10 og 30, og at dette Tal altsaa opretholdes efter Delingen ved Længdespaltningen af Kromosomerne. Kun hvor der dannes Kønsceller (og i vegetative Celler af den kønnede Generation af nogle Alger, Mosser og Karkryptogamer), viser der sig det mærkelige Forhold, at Kromosomernes Antal reduceres til det halve af det, som forekommer i vegetative Celler, hvilket har den største Betydning for Forstaaelsen af Befrugtningsprocessen. Ogsaa i andre Henseender kan Kærnedelingen i Kønscellerne være afvigende, hvilket vi ligeledes senere vil komme tilbage til.

Hvad selve Celledannelsen angaar, er det almindeligste Forhold det, at der af 1 Celle opstaar 2 ved en simpel Tvedeling. Men der er dog ogsaa mange Tilfælde, i hvilke der — ved Knopskydning — fra een Modercelle afsnøres flere Døtreceller, eller disse dannes omtrent samtidig inde i Modercellen — ved saakaldet Mangedeling eller fri Celledannelse — idet Kærnerne da har delt sig flere Gange, før det kommer til en tydelig Adskillelse mellem de Plasmamasser, der omgiver dem, saaledes f. Eks. hvor Cellevægsdannelsen først indtræder paa et senere Stadium.

Individernes Forplantning, der altid paa det nøjeste hænger sammen med Celleforplantning, er i sin ydre Fremtoning tilsyneladende ret forskellig hos forskellige Organismer, men kan dog indordnes i tre Hovedgrupper, eftersom den sker 1) rent vegetativt (ad ukønnet Vej), 2) ved Forening af Kønsceller (under en Befrugtningsproces), eller 3) ved Udvikling af Kønsceller uden Befrugtning (ved Parthenogenese). I mange Tilfælde kan den saa desuden foregaa samtidig eller skiftevis — f. Eks. ved et regelmæssigt Generationsskifte — ad disse forskellige Veje.

1. **Den vegetative eller ukønnede Forplantning** er meget almindelig, især i Planteriget, hvor store Grupper som Bakterierne, de blaagrønne Alger og de fleste Svampe alene formerer sig ad denne Vej. Den forekommer dog ogsaa hyppigt hos lavere Dyr som Protozoër, Polypdyr, Sø- og Slangestjærner, Børste og Bændelorme, Mosdyr og Sækdyr saavel som hos højere Planter, men ved Siden af den har disse Organismer ogsaa Evne til at forplante sig ad kønnet Vej, og der er ofte et regelmæssigt Generationsskifte mellem disse to Forplantningsmaader. I Almin-

delighed anses den kønnede Forplantning for at være den oprindeligste og under Udviklingen at være gaaet tabt, hvor der nu kun forekommer ukønnet Forplantning, eller Organismer, der alene forplanter sig ad ukønnet Vej, menes at nedstamme fra Former med kønnet Forplantning.

Hos de encellede Organismer falder den ukønnede Forplantning sammen med en simpel Celletvedeling med eller uden forudgaaende Kærnedeling, men undertiden dog saadan, at der inde i den enkelte Celle dannes mange Døtreceller, der frigøres paa een Gang, og da enten er ubevægelige eller en Tid lang bevæger sig livligt omkring som Sværmsporer, selv om Modercellen ellers har været ubevægelig; i andre Tilfælde (som hos Gærsvampene) kan flere Døtreceller afsnøres udadtil og leve videre Side om Side med Modercellen.

Hos flercellede Organismer, som mange Alger og Svampe, sker Forplantningen ved Frigørelse af smaa kønsløse Formeringsceller (Konidier, Sporer o. s. v.), der hver især kan vokse ud til en ny Plante. Og saadanne frigøres ogsaa i stort Antal fra Mossernes, Bregnernes, Padderokkernes og Ulvefødderne Sporehuse, idet de derefter vokser ud til disse Planters kønnede Generation under et ganske regelmæssigt Generationsskifte.

I andre Tilfælde fraspaltes der særlige, mangecellede Forplantningsorganer som Knolde, Løg, Udløbere o. s. v. hos højere Planter, fra hvilke der efter Moderindividets Død, eller mens dette endnu lever, udvikler sig hele nye Individer. Hos mange Dyr, der formerer sig ved Knopskydning eller Deling (Koraldyr, Børsteorme m. fl. se S. 552 og Fig. 63 og 64, S. 74), træffer vi et lignende Forhold. Men nogen Væsensforskel mellem denne og den foregaaende Forplantningsmaade (ved enkelte kønsløse Formeringsceller) vil der ikke være, da man ofte vil kunne forfølge Udviklingen tilbage til en enkelt vegetativ Celle, der er Oprindelsen til det hele Forplantningsorgan; den er blot ikke i Stand til at leve frigjort fra Moderindividet, før den har differentieret sig ud i et større Antal forskellige Celler og Organer.

Ved tilfældig ydre Vold eller ved kunstig Deling (Overskæring af Regnorme, Søstjærner, Hydroidpolyper m. fl. Dyr, af Rødder, Skud og Blade, der benyttes som Stiklinger) kan mange Organismer spaltes i Stykker, der hver for sig kan vokse ud til et nyt fuldkomment Individ, og som bekendt forplantes mange Planter

(Frugttræer, Stauder o. m. a.) i Praksis ad denne Vej (se ogsaa S. 76—77).

Undertiden har vi en saadan kønsløs Forplantning eller saakaldet Apogami for os, hvor det kunde se ud, som det var en kønnet Forplantning, idet Forplantningscellen befinder sig i Kønsorganerne, — f. Eks. i Frugtknuden af Blomsterplanter, hvor der dannes et ganske normalt udseende Frø, — men den dog er en rent vegetativ Celle, der er forskellig fra de egentlige Kønsceller. Dette kendes bl. a. derpaa, at den under sin Dannelse sædvanlig optræder med det for Artens vegetative Celler normale Antal Kromosomer, og ikke med det halve Antal. som er karakteristisk for Kønscellerne (se S. 552 og 559). Ofte kan det tillige afgøres efter den Plads, den indtager i Befrugtningsorganet. Men ganske naturligt er dette Tilfælde ofte bleven sammenblandet eller forvekslet med det andet interessante Forhold, at Ægcellen uden Befrugtning — ved saakaldet Jomfrufødsel eller Parthenogenese[1]) — danner et Foster, hvilket vi snart igen kommer til at omtale. Saadanne Tilfælde af Apogami er ret almindelige i Planteriget saavel hos lavere Planter (Alger og Svampe) som hos Karkryptogamer (navnlig Bregner) og Blomsterplanter, f. Eks. *Coelebogyne ilicifolia*, *Funkia ovata*, *Allium fragrans* m. fl., i hvis Frugtknude der af vegetative Celler dannes ganske normalt udseende spiredygtige Frø, og det maa udtrykkelig bemærkes, at en Bestøvning, d. v. s. en Paavirkning, om end kun indirekte, gennem hanlige Kønsceller her ikke er nødvendig for Kimdannelsen, hvilket den kan være i andre Tilfælde, hvor det dog ikke kommer til nogen egentlig Befrugtning af de kimdannende Celler.

2. **Den kønnede Forplantning eller Befrugtningen** bunder i en Forening af to kvalitativt og i Regelen ogsaa kvantitativt forskellige Celler (eller Cellekærner), en hanlig og en hunlig, der hver for sig mangler Evnen til videre Udvikling og først opnaar denne, naar de har forenet sig med hinanden.

---

[1]) Ordene Apogami og Parthenogenese bruges af forskellige Forfattere i noget forskellig Betydning. Men de to Forplantningsformer kan for saavidt ogsaa være vanskelige at adskille, som de vegetative Celler, der udvikler sig til Fostre, undertiden optræder med reduceret (halvt) Kromosomtal, medens de tilsvarende Ægceller undertiden kan optræde med ureduceret eller samme Kromosomtal, som den paagældende Plantes vegetative Celler fører. Dette sidste er bl. a. i Regelen Tilfældet med de Æg, der udvikler sig parthenogenetisk.

Hos de allerfleste Organismer — bl. a. vistnok alle Dyr, medens Planteriget rummer flere Undtagelser (se S. 552) — er det saaledes, at de vegetative Celler efter nogen Tids Forløb mister Evnen til at formere sig og i det hele taget til at fortsætte Livet, hvorfor Individet som saadant dør; men i Forvejen kan det saa have dannet andre, generative eller Kønsceller, der ved at forene sig med tilsvarende Celler af anden Kvalitet opnaar Evnen til fortsat Udvikling gennem en ny Generation. Denne Proces, der kaldes en Befrugtning, betyder saaledes en Fornyelse af Livsmaskineriet, en Foryngelse eller »en Reorganisation af det levende Stof« (R. Hertwig), hvorved der aabenbart igen tilvejebringes det rette Forhold mellem de Livet opretholdende Kræfter, som er gaaet tabt under den rent vegetative Udvikling, hvor Omverdenen paa saa mange Maader kan gribe forstyrrende ind i de levende Cellers Struktur og Funktioner.

Befrugtningsdygtige Kønsceller dannes imidlertid ikke paa ethvert Tidspunkt af Individets Liv, men kun efter at dette har opnaaet en vis Modenhed, og da i Regelen ogsaa kun i bestemte Perioder (f. Eks. Parringstiden hos Dyr, Blomstringstiden hos Planter). Paa denne Maade kommer der en vis Rhytme mellem det vegetative og det generative Liv, og i de Tilfælde, hvor Forplantningen ogsaa kan foregaa ad ukønnet (vegetativ) Vej (se S. 553), afveksler en saadan som oftest normalt med den kønnede Forplantningsmaade (ved Generationsskifte).

De to Slags Kønsceller dannes hos de fleste Dyr og hos mange Planter af forskellige Slags Individer, Hanner og Hunner, der da ogsaa i andre Henseender, ved sekundære Kønskarakterer, afviger fra hinanden. For at en Befrugtning skal komme i Stand indenfor saadanne Arter, kræves der da nødvendigvis en Samvirken (Parring, Krydsning o. l.) mellem to forskellige Kønsindivider. Men hos mange Dyr og hos de fleste Blomsterplanter dannes begge Slags Kønsceller paa samme tvekønnede eller hermafroditiske Individ, i Regelen dog i hver sin Slags Kønsorganer, og en Samvirken mellem to forskellige Individer skulde da ikke synes nødvendig. Det er den nu imidlertid som oftest alligevel, eller der opnaas i hvert Fald gerne det bedste Resultat ved en Krydsning mellem forskellige Individer, hvorfor de paagældende Arter i saa Tilfælde i Naturen ogsaa gensidig befrugter hinanden. Men der er dog ogsaa mange Eksempler paa Selvbefrugtning (Autogami i videre Betydning), der giver levedygtigt Afkom,

ja endog paa saadanne Organismer (særlig Planter), der normalt eller udelukkende befrugter sig selv. Som vi senere skal høre, kan det endog hos encellede Organismer komme dertil, at en gensidig Paavirkning af forskellige Kærner indenfor samme Celle (Autogami i snevrere Betydning) er tilstrækkelig til at hidføre den Fornyelse i en Celles Udviklingsdygtighed, hvori Befrugtningens fundamentaleste Betydning ligger. Men i alle Tilfælde maa det anses for et Grundtræk i al Befrugtning, at enten to forskellige Celler eller kvalitativt forskellige Bestanddele (Kærner) indenfor samme Celle forenes ved den.

Den egentlige Befrugtningsproces maa altsaa studeres paa Celler, og hvad der ellers tjener til at indlede den eller bringe den i Stand (Parring, Aflægning af Kønscellerne, Bestøvning o. s. v.), bliver af underordnet Betydning med Hensyn til Forstaaelsen af Befrugtningens finere Mekanik og egentlige Væsen.

Befrugtningsprocessen kan nu foregaa under forskellige Former med Hensyn til de to Kønscellers (eller Kønskærners) indbyrdes Forhold, men af de mange Arter af Befrugtning, som man kender indenfor Plante- og Dyreriget, og om hvis Inddeling man endnu langt fra er enig, skal vi indskrænke os til at nævne nogle af de mere typiske og lettere overskuelige Tilfælde og ikke tilstræbe en i videnskabelig Henseende mere moderne Inddeling af disse. De gamle Betegnelser, vi her vil anvende, Ægte Befrugtning, Kopulation og Konjugation samt Autogami i den snevrere Betydning, i hvilken denne blev omtalt ovenfor, vil dække over alle de Befrugtningsmaader, der har almindelig Interesse.

Den ægte Befrugtning er karakteriseret ved, at de to Kønsceller eller Gameter, der forener sig, ogsaa i det ydre er udpræget forskellige.

Den hanlige Gamet, Sædlegemet, Sædfimet eller Spermatozoët, er en meget lille, nøgen og oftest selvbevægelig Celle, der kun fører en ringe Mængde Protoplasma, men hovedsageligt bestaar af en Cellekærne. Bevægeligheden opnaas gennem en Hale eller 1—flere Svingtraade (Cilier), der er dannede af Protoplasma. Op til Kærnen slutter sig endvidere ofte to Centrosomer (Pollegemer), der, indesluttede i lidt Plasma, bl. a. udgør Mellemstykket hos de dyriske Spermatozoër, medens Cellekærnen her danner Hovedet (se Fig. 150). Kun i enkelte Tilfælde mangler særlige Bevægelsesorganer, som hos Krebsdyr og Spolorme

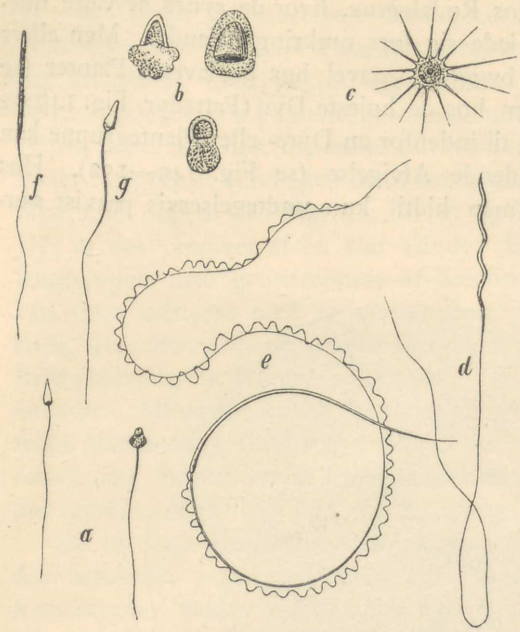


Fig. 149. Sædlegemer af *a* Meduse (Vandmand), *b* Spolorm, *c* Krabbe, *d* Rokke, *e* Salamander, *f* Frø, *g* Abe.

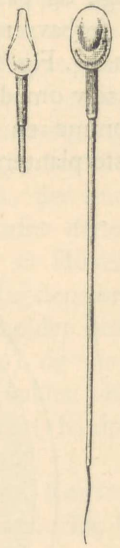


Fig. 150. Sædlegemer af et Menneske, sete fra Siden og forfra. Billederne viser de 3 Bestanddele: Hovedet, Mellemstykket og Halen, som er delvis borttagen paa Fig. til venstre. Forst. c. 1000 Gange.

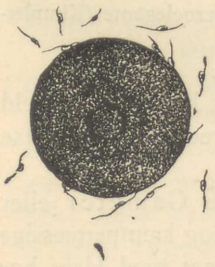


Fig. 151. Sædlegemer og Æg af Blæretang, c. 240 Gange forst.

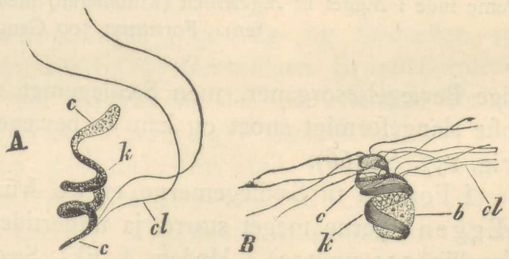


Fig. 152. Sædlegemer af *A* en Kransnaal *(Chara)* og *B* en Bregne. *k* Kærne, *c* Plasma, *cl* Cilier, *b* Blære.

(Fig. 149 *b*, *c*), hvis Sædlegemer bevæger sig ved amøbeagtige Sammentrækninger, samt hos Rødalgerne, hvor de synes at være ubevægelige og passivt at lade sig føre omkring i Vandet. Men ellers er de forbavsende ens byggede, saavel hos de laveste Planter (se Blæretang, Fig. 151) som hos de højeste Dyr (Pattedyr, Fig. 149 og 150), selv om der af og til indenfor en Dyre- eller Plantegruppe kan forekomme en iøjnefaldende Afvigelse (se Fig. 149—152). Hos Blomsterplanterne har man hidtil kun undtagelsesvis paavist sær-

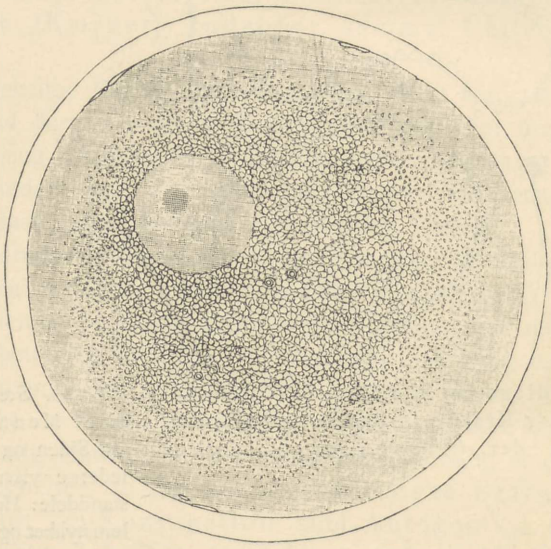


Fig. 153. Næsten modent Æg af et Menneske, friskt udtaget af den endnu livsvarme Æggestok. Yderst den klare Æghinde *(Zona pellucida)*, indenfor denne det navnlig i Midten blommerige Protoplasma. Det helt runde Legeme inde i Ægget er Ægkærnen (Kimblæren) med et Kærnelegeme (Kimpletten). Forstørret 500 Gange.

lige Bevægelsesorganer, men Sædlegemet er da her til Gengæld ofte slangeformigt snoet og kan da bevæge sig ved Bugtninger (se Fig. 157, S. 566).

I Forhold til Sædlegemerne er de hunlige Gameter eller Æggene gerne meget større, ja undertiden endog kæmpemæssige (se Fig. 151 og 153). Medens f. Eks. Sædlegemet med Hale hos Mennesket (Fig. 150) er c. 0,06 Millim. langt (og Halen heraf udgør de ni Tiendedele), er Menneskeægget (Fig. 153) c. 0,20—0,30 Milli-

meter i Diameter (d. v. s. netop synligt for det blotte Øje) eller 35—50 Gange saa stort som Sædlegemets Hoved. Lignende Dimensioner har de andre Pattedyrs Kønsceller og andre Dyrs hanlige Gameter. Men de hunlige Gameter kan blive endnu meget større, saaledes hos Fuglene, hvor »Blommen« i Ægget udgør Ægcellen, der f. Eks. hos Strudsene kan have en Diameter paa 15 Centimeter. Ægget er (undtagen hos visse Alger) altid ubevægeligt, men ikke altid nøgent (se Fig. 22, S. 37 og Fig. 153); hos de fleste Dyr er det omgivet af en klar Hinde, Æghinden, der under Befrugtningen maa gennembores af Sædfimet, hvorfor dette ogsaa kan være udstyret med et særligt Boreapparat i sit Hoveds Forende. Hos Planterne og enkelte Dyr dannes der i Regelen først efter Befrugtningen en Hinde om Ægget. Dette indeholder endvidere en større Mængde grynet Protoplasma (Blommen) og en undertiden blæreformig Kærne (som man hos Dyrene kalder »Kimblæren«), der indeholder et eller flere Kærnelegemer (»Kimpletten« hos dyriske Æg). (Se Fig. 22, S. 47 og Fig. 153.)

De to Slags Kønsceller dannes hver i sin Slags Kønsorganer, der benævnes noget forskelligt hos Planter og Dyr. De hanlige Kønsorganer kaldes f. Eks. hos Planter for Sædgemmer eller Støvknapper (hvori dannes Støvsække, Støvkornmoderceller og Støvkorn) hos Dyrene Testikler eller Sædstokke med Sædkanaler og Ursædceller. De hunlige Kønsorganer er henholdsvis hos Planternes Æggemmer eller Frøanlæg med Kimsæk, hvori Ægcellen dannes, hos Dyrene Æggestokkene eller Ovarierne med Urægcellerne.

Meget interessant og betydningsfuld for Forstaaelsen af Befrugtningsprocessen er den Udvikling eller Modning, som Kønscellerne gennemløber under eller efter deres Frigørelse af Kønsorganerne.

Hos de talrige befrugtningsdygtige Æg- og Sædceller, som man man nu har undersøgt fra de forskelligste Grupper indenfor Plante- og Dyreriget, har der vist sig det mærkværdige Forhold, at disse Cellers Kærner i Befrugtningsøjeblikket altid optræder med kun det halve Antal Kromosomer af det, som ellers normalt findes hos de paagældende Arters vegetative Celler. Og denne Reduktion af Kromatinsubstansen indtræder netop under de sidste Stadier af Kønscellernes Modning, ved de saakaldte Reduktionsdelinger.

Medens Enderesultatet, det reducerede Antal Kromosomer i de

modne Kønsceller, næsten altid lader sig paavise, er det derimod som oftest meget vanskeligt at følge Enkelthederne i de Processer, hvorved dette naaes. Men ogsaa dette er dog lykkedes i mange Tilfælde, af hvilke vi her (efter O. HERTWIG) skal fremdrage et, der fremtræder saa overordentlig klart og overskueligt, nemlig fra Hestens Spolorm (*Ascaris megalocephala bivalens*, se Fig. 154 og 155). Hos dette Dyr er saavel Sæd- som Æggestokkene lange Rør, i hvilke Kønscellerne gennemløber deres karakteristiske Udvikling, efter-

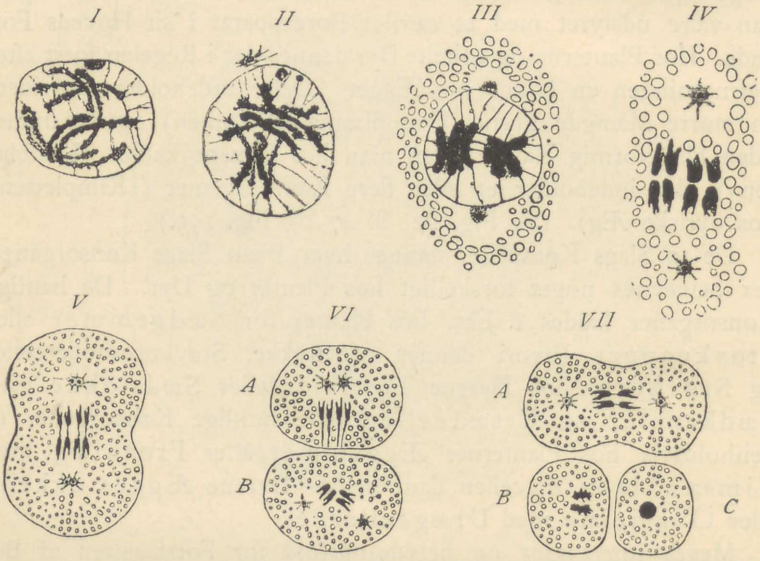


Fig. 154. Sædcellernes Dannelse af en Modercelle (Spermatocyt) hos Hestens Spolorm (*Ascaris megalocephala bivalens*). Forklaringen er givet i Teksten.

haanden som de kommer fra Rørenes blinde Ende til deres Udførselsaabning. I den øvre Del af disse Rør ses talrige smaa Celler (Ursæd- og Urægcellerne) i livlig Deling, og under disse Delinger optræder der i Cellekærnerne altid det for denne Spolorms vegetative Celler karakteristiske Antal Kromosomer, nemlig 4. Paa dette Stadium er de dannede Celler meget smaa, og begge Slags omtrent lige store. Naar de kommer længere ud i Rørene, holder de op med at dele sig, men vokser nu betydeligt, særlig Urægcellerne, ved Optagelse af Næring fra Om-

givelserne. Dernæst kommer de ud mod den ydre Ende af Rørene, og her dannes endelig de egentlige Kønsceller af deres Moderceller (eller henholdsvis af Spermatocyter og Ovocyter) ved følgende ejendommelige Delingsprocesser:

I Sædmodercellernes (Spermatocyternes) Kærne har Kromatinet fordelt sig paa 8 lange, krummede Kromosomer, opstaaede

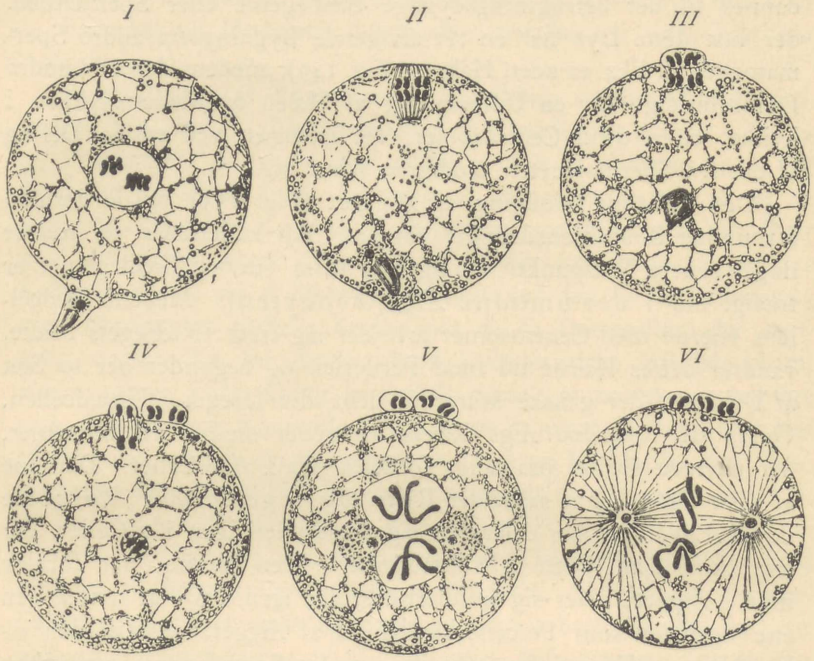


Fig. 155. Æggets Modning og Befrugtning hos Hestens Spolorm *(Ascaris megalocephala bivalens)*. I *I* er Sædlegemet i Færd med et trænge ind i Ægget forneden, og i *II—IV* arbejder det sig frem mod Æggets Midte, medens dettes Kærne nærmer sig Periferien og undergaar de to Sæt Delinger, hvorved Polcellerne og den befrugtningsdygtige Ægkærne dannes. *V* og *VI* viser selve Befrugtningen og Forberedelsen til den første Celledeling af det befrugtede Æg.

ved en Længdespaltning af de normalt forekommende 4 (se Fig. 154). Ved hver Ende af Kærnen optræder der et Centrosome med omgivende Tentraade, som, idet Kærnehinden opløser sig, trækker 4 af de efterhaanden forkortede og fortykkede Kromosomer hver til sin Side. Derefter deler hele Cellen sig i to, hvis

Kærner altsaa indeholder hver 4 Kromosomer, men uden at disse som sædvanligt igen spaltes paa langs, eller der dannes nogen Kærnehinde, indtræder der en ny Deling af Kærnerne og af det i hver Celle anbragte Centrosome, hvorunder hver af de derved dannede Celler kommer til at indeholde Kærner med kun 2 Kromosomer. Dette gælder da alle de 4 nydannede Celler, der hver repræsenterer en Sædcelle eller Spermatide, som herefter omdannes til det befrugtningsdygtige Sædlegeme eller Spermatozo, der hos dette Dyr har en ret afvigende Bygning fra andre Spermatozoër, f. Eks. er uden Hale (se Fig. 149), medens der hos andre Dyr samtidig sker en Udformning af Halen og Mellemstykket, i hvilket bl. a. de 2 Centrosomer, der fremgaar ved en ny Deling af det fra Spermatocyten medførte, lejrer sig.

Den endelige Modning af Ægget (Fig. 155) og de dermed forbundne Reduktionsdelinger foregaar lidt anderledes og paa et noget senere Tidspunkt, nemlig ofte først, efter at Sædlegemet er trængt ind i det umodne Æg (Ovocyten). Medens Sædcellens Kærne med Centrosomer arbejder sig frem til Æggets Midte, vandrer dettes Kærne ud mod Periferien og begynder her to Sæt af Delinger, der ganske svarer til dem, der foregik i Ursædcellen. Ogsaa det umodne Ægs Kærne optræder med 8 Kromosomer, der uden at spaltes paa langs fordeles paa 2 nye Celler. Den ene af disse stødes som saakaldet Retningslegeme eller Polcelle ud af Ægget, og her deler den sig undertiden igen i 2 Celler, der hver kun faar tildelt 2 Kromosomer. Den Kærne, der forblev inde i Ægget, deler sig imidlertid straks igen i to, af hvilke den ene ligeledes som Polcelle skydes ud af Ægget, medens den tilbageblivende Kærne, der som de 3 andre Søsterkærner ogsaa kun fører 2 Kromosomer, bliver tilbage og her repræsenterer det modne, først nu befrugtningsdygtige, Ægs Kærne. De udstødte Polceller, der maa opfattes som ufuldkomne Æg, gaar efterhaanden til Grunde og kan i hvert Fald ikke befrugtes.

Nu først indtræder Befrugtningsakten, der bestaar i, at Sædcellens og Ægcellens Kærner, hver med deres 2 Kromosomer, mødes i Æggets Midte, medens de to alene fra Sædcellen stammende Centrosomer tager Plads ud for hver Side af det Plan, den Stjærnefigur, som de sammenbragte Kromosomer danner (Ægcellens Centrosome er imidlertid forsvundet og synes ikke at spille nogen Rolle mere). Og idet der nu igen indtræder en Længdespaltning af de 4 Kromosomer, indledes hermed den første Celle-

deling i det nydannede Fosters Liv, under hvilken der altsaa — ligesom ved alle følgende Celledelinger indtil Dannelsen af nye Kønsceller — optræder det for denne Art normale Antal af 4 Kromosomer. Men hver af de to først dannede Celler har altsaa faaet lige megen Kromatinsubstans tildelt fra henholdsvis Æg- og Sædcellens Kærne. Og man forstaar da — hvad vi vil komme tilbage til under Omtalen af Arvelighedsforholdene — hvorledes — i Tilfælde af Befrugtning mellem to forskellige Individer — Faderens og Moderens Egenskaber overføres i lige Grad paa Afkommet.

Dette Billede af Kønscellernes Udvikling og Befrugtningsprocessen har man i alle Hovedtrækkene genfundet overalt i Dyre- og Planteriget, hvor det har været muligt at studere den. Og hvad det her er af særlig Interesse at lægge Mærke til, er, at de to forskellige Slags Kønsceller i Befrugtningsøjeblikket mødes hver med det halve Antal Kromosomer af det for Artens vegetative Celler normale, og at disse Bestanddele ved den første Celledeling efter Foreningen fordeles ligeligt paa de to Døtreceller, der samtidig opnaar det for Arten ellers karakteristiske normale Antal Kromosomer. Og vigtigt er det da ogsaa, at saavel den hanlige som den hunlige Kønscelle netop fører samme reducerede Antal af Kromosomer, hvori der synes at ligge en Forklaring paa Vanskeligheden ved at krydse fjærnere beslægtede Organismer, der bl. a. er forskellige i Henseende til Kromosomtal[1]).

Men der kan saa naturligvis være en Del Forskelligheder med Hensyn til Befrugtningsprocessens Udførelse, skønt disse i Virkeligheden er meget smaa og nærmest angaar hele det ydre Apparat ved og Forberedelserne til den egentlige Befrugtning. For at vise Overensstemmelserne skal vi nu fremdrage enkelte Eksempler, hentede fra indbyrdes meget forskellige systematiske Grupper indenfor Dyre- og Planteriget.

Hos Pattedyrene (bl. a. ogsaa Mennesket) indledes Befrugtningen jo ved en Parringsproces, under hvilken de fuldt færdige, modne Spermatozoër (Sædfim) med halvt Kromosomtal i Kærnerne fra Hannen overføres i Hunnens Kønsveje i umaadelig

[1]) At der dog undertiden (og ved Befrugtning af Kønsceller, der stammer fra samme Art) kan optræde et overskydende Kromosome i den hanlige (eller undertiden den hunlige) Celle, har man tillagt Betydning for Bestemmelsen af Afkommets Køn, men dette rokker dog ikke noget ved den ovenanførte Regel.

stort Antal. I en Kubikmillimeter Sædvæske hos Hunden skal der f. Eks. kunne findes c. 62000 Sædfim, saa der i den hele Sæd, der ved Parringen indføres i Hundyrets Kønsorganer, findes mellem 55 og 56 Millioner Sædfim (hos Mennesket over 200 Millioner, se Fig. 156). Disse med stor Bevægelighed udstyrede smaa Celler

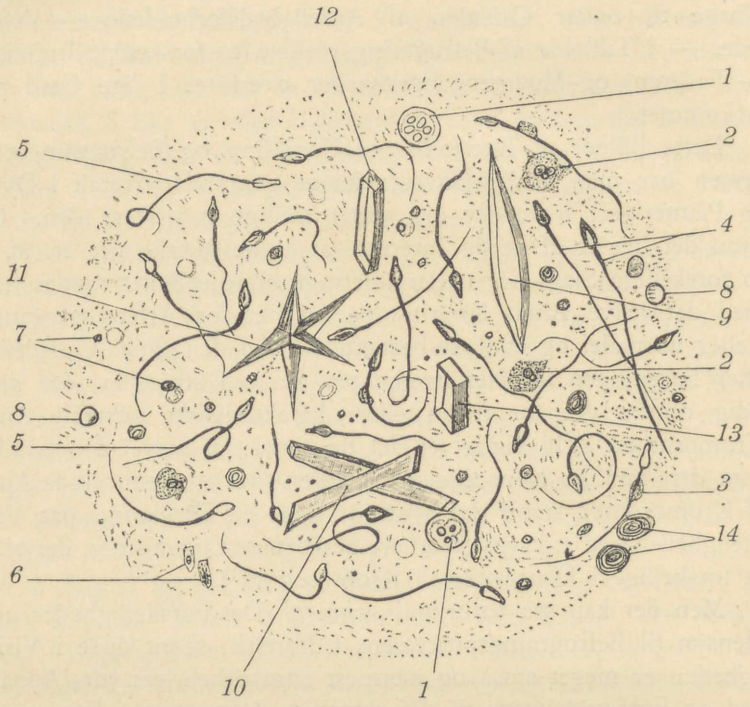


Fig. 156. Sædvæske af et Menneske, noget skematiseret, c. 300 Gange forstørret. I en med fine Æggehvidekorn blandet Væske findes der enkelte større glinsende Fedtkugler og mørkebrune Pigmentkorn. Endvidere større kugleformige Testikelceller *(1)*, Lymfeceller *(2)*, Sædlegemer *(3, 4 og 5)*, Cylinderceller *(6)*, smaa Lecithinkugler fra Prostatakirtlen *(7)*, nogle klare kugleformede Celler *(8)*, Sædkrystaller af forskellig Form og Størrelse *(9—13)* og store stivelseagtige Legemer *(14)* fra Prostata.

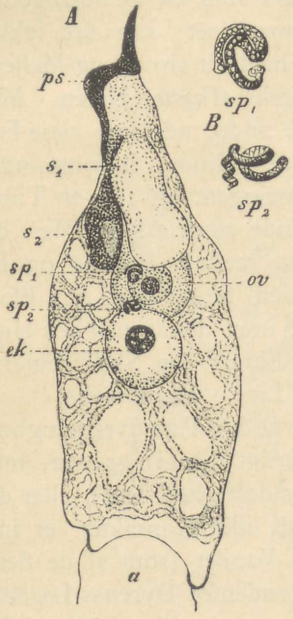
kan nu holde sig i Live i længere Tid, og langs Slimhinderne arbejder de sig frem op i Livmoder, Æggeledere og helt op til Æggestokkene, hvor man hos Kaninen har fundet dem allerede 2 Timer efter Parringen. Paa et eller andet Sted her kan de møde et befrugtningsdygtigt Æg. Og hvis der da findes et saadant, af hvilke

der rigtignok kun menes at frigøres et enkelt eller nogle faa Stykker (efter Ungernes Antal) ad Gangen (i Brunsttiden eller under Menstruationen), er der en Mulighed for, at en Befrugtning kan komme i Stand. Men det bliver nu kun 1 af de mange Sædlegemer, der i saa Tilfælde kommer til at udføre denne. Paa et eller andet Sted af Æggets Overflade, der som en »Undfangelseshøj« kan hvælve sig frem imod Spermatozoët, kan det lykkes dette at trænge ind gennem Æghinden med sit Hoved og Mellemstykke, hvorefter det saa i Regelen straks afkaster Halen. Men naar et Sædfim er naaet ind, lukkes alle andre ude ved visse Forandringer, som indtræder i Ægget eller dets Hinde. Befrugtningen kan være fuldført 6—10 Timer efter Parringen, og 16—20 Timer efter kan den befrugtede Ægcelle begynde at dele sig. Men der kan dog ogsaa gaa længere Mellemrum mellem Parring og Befrugtning. Hos Flagermusen foregaar den første sent om Efteraaret, kort før Vintersøvnens Begyndelse, men der løsnes hos Hunnerne ikke noget Æg før det følgende Foraar, og Sædlegemerne maa da indtil den Tid have holdt sig i Live i Kønsvejene.

Til Udførelsen af Parringen er Hannerne hos Pattedyrene og ofte i andre Dyregrupper udstyrede med et særligt Parringslem, men ofte mangler et saadant ganske (som hos de fleste Fugle), eller der finder ikke nogen egentlig Parring Sted, idet Kønsakten er indskrænket til, at Sæd og Æg udgydes i Vandet (som af de fleste Fisk) eller aflægges paa bestemte Steder udenfor Dyrenes Legeme. Er Dyrene tvekønnede, Hermafroditer, parrer de sig dog i Regelen og befrugter gensidig hinanden. I Henseende til Kønsmodenhed er navnlig det hanlige og det hunlige Stadium i Individets Liv ofte adskilte i Tid. Virkelig Selvbefrugtning er derfor yderst sjælden i Dyreriget uden for de Tilfælde hos Protozoërne, hvor den foregaar inden for samme Celle (som Autogami i snævrere Betydning).

I Planteriget fremtræder den ægte Befrugtning lettest overskueligt og mest typisk hos de lavere staaende Former, som mange Alger, en Del Svampe, Mosser, Bregner og Padderokker. Her træffer vi ofte Sæd- og Ægceller (Fig. 151 og 152), der har ganske samme Form og forholder sig indbyrdes som hos f. Eks. Pattedyrene. Som Eksempel herpaa kan nævnes den i vore Farvande saa almindelige Blæretang *(Fucus vesiculosus)*, der er tvebo, eller hos hvilken Kønnene er adskilte paa Han- og Hunplanter. Paa de opsvulmede Ender af disses Løvgrene kan man finde en Samling af smaa

Vorter, i hvilke en snæver Aabning fører ind til grubeformige Fordybninger. Paa disses Vægge sidder henholdsvis Sæd- eller Æggemmer, af hvilke de første frigør et stort Antal smaa selvbevægelige Sædlegemer, de sidste 8 store, runde, ubevægelige Æg. Begge udtømmes i det omgivende Vand, hvor Sædlegemerne opsøger Æggene, som flyder passivt omkring (se Fig. 151). Saa snart et Sædlegeme er trængt ind i et Æg, omgiver dette sig med en fast Væg, sætter sig fast, spirer og begynder paa de første Celledelinger.



Fifi. 157. Befrugtningsprocessen hos Solsikke *(Helianthus annuus)*. Den store Figur *(A)* er Kimsækken, hvori Ægcellen *(ov)* og Centralcellen *(ek)*, op til hvilke der har lagt sig to skruesnoede Sædlegemer (sp_1 og sp_2). *ps* er Støvrøret, som har afgivet Sædcellerne. s_1 og s_2 er Søsterceller til Ægcellen. I *B* er fremstillet de to Sædceller (sp_1 og sp_2) i noget stærkere Forstørrelse.

Andre Alger, som Kransnaalene *(Chara)*, samt Mosser, Bregner og Padderokker har ofte spiralsnoede Sædlegemer med fra 2 til mange, lange Svingtraade (se Fig. 152), medens Æggene har det normale Udseende som forholdsvis store kugleformede ubevægelige Celler. Hos Mosser, Bregner og Padderokker dannes disse Kønsceller paa en særlig Generation, repræsenteret henholdsvis af Mosplanten og af Bregnernes og Padderokkernes Forkim. I Vand eller Dugdraaber svømmer Sædlegemerne hen til de flaskeformede Æggemmer, gennem hvis Hals de, ledede af kemotaktisk virkende udskilte Stoffer (se S. 514), trænger ned til Æggene, der befrugtes paa Moderplanten og herefter begynder deres Delinger. Af den befrugtede Ægcelle vokser der en ukønnet Generation frem, repræsenteret henholdsvis af Mossernes Sporehus eller af Bregneplanten og Padderokkeplanten, der alle senere frembringer ukønnede Forplantningsceller (Sporer), hvoraf den kønnede Generation udvikler sig uden Befrugtning. Og dette Generationsskifte kan nu forfølges højere op i Plante-

riget gennem de nøgenfrøede til de dækfrøede Blomsterplanter, hvor den kønnede Generation (Forkimen) stadig bliver mere og mere uanselig og reduceret, repræsenteret af 1 til nogle faa Celler i Støvkorn og Kimsæk, medens de blomstrende Planter udgør den ukønnede Generation. Men ikke destomindre uddannes der altid typiske Kønsceller, Sædlegemer, der hos Naaletræerne kan være forsynede med talrige Cilier og i Regelen altid er skruesnoede, selvbevægelige og dannede af en Celle i Støvkornene, samt Æggene, der er nøgne, ubebvægelige og dannes ved en Række Celledelinger i Kimsækken (Fig. 157). Karakteristisk for begge er, at de fremgaar som Resultat af de før omtalte Reduktionsdelinger, og at derfor deres Cellekærner, naar der indtræder Befrugtning, kun fører det halve af det for Arten normale Antal Kromosomer.

En Ejendommelighed ved Blomsterplanternes Befrugtning er den, at foruden Ægcellen befrugtes tillige en anden i Kimsækken optrædende saakaldet Centralcelle. Hver af disse forener sig med et Sædlegeme. Af Ægcellen opstaar herefter Kimen, af Centralcellen den Frøhvide, som Kimplanten ernærer sig af under sin Udvikling i Frøet eller under dettes Spiring. Vi har altsaa her, som noget normalt forekommende, en Dobbeltbefrugtning for os, der dog kun fører til ét levedygtigt Afkomsindivid fra hver Kimsæk.

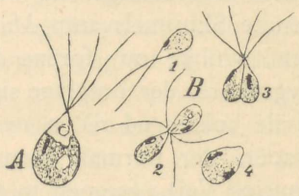


Fig. 158. Kopulation af Sværmsporer af Algen *Ulothrix zonata* i forskellige Stadier af Sammensmeltning *(B 1—4)*. *A* er en kønsløs Sværmspore af samme Art.

Hvorledes Befrugtningen hos Blomsterplanterne indledes ved en Bestøvning, der igen udføres ved Vindens, Vandets, Insekters eller andre Dyrs Hjælp, er velbekendt (se ogsaa S. 283—84). Kun skal der endnu mindes om, at de fleste højere Planter er tvekønnede, Hermafroditer, men at der dog alligevel sædvanlig foregaar en Krydsbefrugtning, omend Selvbefrugtning er langt almindeligere her end i Dyreriget.

Kopulation. Naar de to Celler, der forener sig, tilsyneladende er ganske ens (Isogameter) eller kun afviger lidt med Hensyn til Størrelsen, taler man om Kopulation, der er en hos mange lavere Dyr og Planter ret almindelig Befrugtningsmaade. Hos flere Alger forener to Sværmsporer, der altsaa begge er be-

vægelige, sig med hinanden (Fig. 158), og efter at deres Cellekærner er smeltede sammen, begynder der en ny Udvikling. Her kan der dog paavises en Overgang til ægte Befrugtning derigennem, at den ene Gamet kan være noget mindre end den anden. Men ofte er det Celler, af hvilke ingen er udstyret med særlige Bevægelsesorganer, der kopulerer. Man ser f. Eks. ofte Alger (*Spirogyra*, *Zygnema* o. a.), hvis Legeme bestaar af en enkelt Række Celler, lægge Traade af saadanne nær op til hinanden, hvorefter Indholdet af en Celle vandrer over i en modsat liggende Celle, idet der danner sig Udposninger af og Aabninger i Væggen mellem de to Celler. Disses Indhold forener sig til en Spore (en Koblings- eller Zygospore), der omgiver sig med en Væg for efter nogen Tids Hvile at begynde Celledelinger og vokse ud til en ny Traad. Af den bekendte Skimmelsvamp *Mucor* kan to Hyfegrene nærme sig hinanden, svulme op, forene deres Indhold og danne en kugleformig Zygospore, der omgiver sig med en tyk Væg og efter nogen Tids Hvile vokser ud til en ny Plante. Hos Kiselalger og mange Protozoër, der normalt formerer sig ved simpel Deling (altsaa ad kønsløs Vej), forener to Celler sig med visse Mellemrum eller under bestemte ydre Forhold med hinanden, og derefter er de ligesom blevne foryngede, saa de vegetative Celledelinger nu kan foregaa med større Livlighed, og de enkelte Individer vise sig sundere og kraftigere, end de gør efter en længere Periode, hvori de alene har formeret sig ad kønsløs Vej. De paagældende Organismers kopulerende Celler frembyder iøvrigt ingen synlige indbyrdes Forskelligheder.

Nærmere Undersøgelser har nu imidlertid vist, at vi ogsaa her har med en Proces at gøre, der i det væsentligste er af samme Art som den ægte Befrugtning. Vi træffer nemlig her den samme Reduktion af Kromosomernes Antal til det halve, og Ligheden mellem de to Gameter er ofte ogsaa kun tilsyneladende, idet der f. Eks. hos *Spirogyra* findes baade hanlige og hunlige Celletraade, af hvilke de første udmærker sig ved at have flere Celler paa samme Længde af en Traad end den anden og altid at være den, hvis Indhold vandrer over i de hunlige. Hos *Mucor* findes der ligeledes to Slags Mycelietraade, der morfologisk ikke er til at skelne fra hinanden, men som er fremgaaede af hver sin Slags Sporer; og kun hvor de to Køn mødes, indtræder der Kopulation, som udebliver, hvor Mycelier af samme Slags Sporer findes imellem hinanden.

Ved Konjugation forstaar man en kønslig Forening af Celler, der ikke er blivende, men kun varer saa længe, som der udveksles Kærner imellem dem. Denne Befrugtningsmaade træffes jævnligt hos Infusionsdyr, der i Cellen har to Kærner, en stor, vegetativ, og en mindre, generativ, Kærne. Idet saadanne to Celler lægger sig Side mod Side op ad hinanden, antager Storkærnen en uregelmæssig Form, gaar i flere Stykker og opløser sig i Protoplasmaet. Men samtidig deler Smaakærnen sig i flere, der ogsaa forsvinder med Undtagelse af en, som deler sig i to, af hvilke den ene vandrer over i det andet Individ, og der paa denne Maade udveksles Kærnesubstans. De to Celler skilles nu igen fra hinanden, men i hver af dem smelter de to Smaakærner sammen til en, der atter giver Anledning til Dannelsen af en ny Storkærne og en Smaakærne. Efter en saadan Kærneudveksling og Sammensmeltning har de to Individer da opnaaet en større Delingsdygtighed og Livskraft i det hele taget. Da Sammenslutningen sker mellem Kærner, der stammer fra forskellige Individer, er der ogsaa her Sandsynlighed for, at de er af forskellig Kvalitet, selv om de i det ydre er nok saa ens.

Endelig kender man som før omtalt det mærkelige Forhold, at der ved Sammensmeltning af to Søsterceller eller Kærner indenfor samme Celle — eller ved Autogami i snævrere Betydning — kan opnaaes en lignende Foryngelse som den, der hidrører fra Foreningen af to forskellige Cellers Kærner. Siden den tyske Zoolog Richard Hertwig i 1898 paaviste dette for Heliozoën *Actinosphærium Eichhorni's* Vedkommende, er denne Befrugtningsmaade bleven konstateret hos en hel Række af Protister saavel indenfor Dyre- som Planteriget. Men ogsaa her er der en Række Data, der taler for en kvalitativ Forskellighed mellem de Kærner, der forener sig med hinanden (se S. 571).

En saadan Autogami er heller ikke ukendt fra højere staaende Dyr (Metazoër). Hos visse Rundorme og Søstjerner, hvis Æg normalt befrugtes, kan det hænde, at Befrugtningen udebliver, men Æggene alligevel udvikler sig til en vis Grad. I saa Tilfælde har man imidlertid gjort den interessante Iagttagelse, at der da under Æggets Modning kun udstødes en Polcelle, medens den anden Kærne vel dannes, men atter forener sig med Ægkærnen, som saaledes kommer i Besiddelse af det normale Antal Kromosomer. Polkærnen spiller altsaa her samme Rolle som en hanlig Kønscelle.

Hvad der imidlertid er af største Interesse ved disse forskellige

Befrugtningsmaader, er det Faktum, at overalt, hvor man i det hele taget har undersøgt Sagen, har man konstateret ægte Reduktionsdeling af Kærnerne eller en Formindskelse af disses Kromosomer til det halve af det normale Antal. Og der vil da være Anledning til at sammenstille dette Forhold med andre, som er særlig iøjnefaldende ved Befrugtningsprocessen i Almindelighed, til en Betragtning over Befrugtningens Væsen. Det ligger jo nemlig nært at spørge om, hvad Organismerne egentlig opnaar ved Befrugtningsprocessen, som de ikke kunde opnaa ad anden Vej, og hvorledes denne Forening af to uensartede[1]) Celler og navnlig af disses Kærner kan tænkes at være nyttig.

Selvfølgelig er der spekuleret meget over den Ting og fremsat en Række Hypoteser desangaaende, men først de allersidste Aars Forskning har bragt en saadan Klarhed over Befrugtningens finere Mekanik gennem et indgaaende Studium af Cellekærnernes Beskaffenhed under Befrugtningen, at man nu kan bygge Befrugtningsteorier paa virkelige Iagttagelser og mere end paa filosofiske Spekulationer.

Af saadanne Hypoteser skal vi kun omtale en enkelt, der oprindelig var fremsat af den tyske Zoolog Bütschli (i 1887), (dog den Gang nærmest støttet paa almindelige spekulative Betragtninger), men som saa senere (1905) har faaet et solidere Fundament fra den fremragende altfor tidligt afdøde unge tyske Zoolog Fr. Schaudinn (Opdageren af Syfilismikroben, *Spirochæte pallida*), og (1909) fra dennes Arvtagere som Protozoforskere v. Prowazek og Max Hartmann.

Bütschlis Betragtning var denne, at under fortsatte Delinger af Cellekærner bliver disses Halvdele altid noget forskelligartede, navnlig med Hensyn til Forholdet mellem Kromatinsubstans og de Dele, der ikke lader sig farve (Akromatinet). Og selv om Forskellighederne til at begynde med er yderst smaa, vil de dog efterhaanden, under senere Delinger, bestandig ophobe sig saadan, at de Bestanddele, til hvilke Delingsdygtigheden er knyttet, i nogle Celler vil faa for stærk Overhaand over dem, til hvilke f. Eks. Ernæringsvirksomheden er knyttet, eller henholdsvis det, som han antog for det hanlige Element, over det hunlige, og om-

[1]) Vi gaar her — som tidligere motiveret — ud fra, at de kopulerende og konjugerende Gameter trods ydre Lighed dog altid er i det mindste kvalitativt forskellige.

vendt i andre Celler. Paa denne Forrykkelse af den fornødne Ligevægt indenfor en Organismes stoflige Struktur kunde da kun Foreningen af to saaledes udpræget forskellige Celler som en hanlig og en hunlig Kønscelle raade Bod.

Denne Forklaring syntes imidlertid ikke at kunne slaa til, naar Befrugtning fandt Sted mellem to tilsyneladende ganske ens Celler, der f. Eks. endog kunde være fremgaaede af samme Modercelle, og endnu mindre, hvor der var Tale om Autogami i snevrere Betydning eller Befrugtning mellem to Kærner indenfor samme Celle. Men her oplyste saa SCHAUDINN om, at selv i dette sidste Tilfælde, som han specielt havde undersøgt for en Trypanosoms (*Hæmoproteus noctuæ's*) Vedkommende (om Trypanosomer, se S. 317) kan der paavises udprægede Forskelligheder mellem de to Kærner i dette encellede Dyr, nemlig mellem en lokomotorisk Kærne (en Blepharoplast), der regulerer de formbestemmende Virksomheder og Bevægelserne af Cellen, og en Hovedkærne, der særlig dirigerer Ernæringsvirksomheden. Det paagældende Dyr optræder imidlertid i 3 forskellige Modifikationer, nemlig en hanlig, en hunlig og en indifferent eller hermafroditisk Form, af hvilke den sidste bestandig kan spalte sig ved simpel Deling i de 3 forskellige Rækker, medens de rent hanlige eller hunlige ikke har denne Evne, med mindre de (ved Overgangen fra den Fugls Blod, i hvilken de lever, til Myggens Mave) gensidig befrugter hinanden. Denne Forskel mellem Individerne, der ogsaa gør sig gældende i deres Cellekærners Natur, udlignes nu ved Befrugtningen, idet de ekstremt uddannede Kærner derunder smelter sammen. Betydningen heraf udtrykker SCHAUDINN i følgende Ord (citerede efter HARTMANN): »Dette er efter min Mening en for Organismens Liv uvurderlig Proces. Den indre Differens mellem Kærnerne og dermed mellem hele Celleorganisationen, der ved de ydre Livskaar og de i Organismerne selv liggende Ufuldkommenheder under det vegetative Liv fører Udviklingen mod begge Ekstremer, nemlig henholdsvis mod den overvejende vegetative, hunlige, og mod den overvejende animalske, hanlige, Form, bevirker en Hæmning af Cellernes Formeringsevne. Organismen vilde derfor gaa til Grunde, hvis der ikke eksisterede en Mulighed for en Udligning af de fysiologiske Ensidigheder. Og netop denne Udligning af Ekstremerne, Tilvejebringelsen af indifferente formeringsdygtige Former, hos hvilke de vegetative og animalske Funktioner holder hinanden i Ligevægt, er det, Befrugtningen bevirker.«

Nu mener HARTMANN, at der er tilvejebragt et tilstrækkeligt omfattende Materiale til Støtte for den Betragtning, at enhver Protist- og enhver Kønscelle i en vis Forstand er hermafroditisk, men i Reglen kun relativt i Forhold til andre Celler eller saaledes, at i de hanlige eller hunlige Kønsceller er det ene Element stærkt overvejende over det andet. I hver af disse Slags Celler hersker der da en Spænding af modsat Art, som vil bevirke, at disse Celler altid har Tilbøjelighed til at forene sig og udligne denne Spændingsforskel.

HARTMANN baserer vel navnlig sin Opfattelse paa Iagttagelser fra Protisterne, hvor han mener at have godtgjort, at der i enhver Celle altid findes to Kærneelementer, enten repræsenterede af to virkelig adskilte Kærner (Storkærne og Smaakærne, se S. 569) eller ogsaa af forskellige Bestanddele indenfor samme Kærne (Caryosom) eller udenfor denne (Centrosom). Hos højere Dyr (Metazoërne) skulde da Centrosomet, der altid slutter sig nøje til Kærnen, repræsentere det specifikt hanlige Element, og Kærnen som saadan det specifikt hunlige Element[1]). Og dette vilde være i Overensstemmelse med det før omtalte Forhold under Befrugtningen (se S. 562), at det alene er det eller de fra den hanlige Celle stammende Centrosomer, der er virksomme under Foreningen af de to Kønscellers Kromosomer og under deres Spaltning og Adskillelse ved den paafølgende Kærnedeling, medens den hunlige Celles Centrosome slet ikke træder i Funktion eller helt forsvinder, og denne Celle alene leverer Kærnesubstans til den nye Celle, saaledes som ogsaa BOVERI har gjort opmærksom paa (i 1902).

Hvor vidt nu denne Teori vil kunne bringes i Overensstemmelse med de faktiske Forhold i alle Tilfælde af Befrugtning, bl. a. ogsaa dem, der i saa Henseende endnu ikke er fyldestgørende undersøgte, faar foreløbig staa hen. Men den synes i hvert Fald at give en plausibel Forklaring paa iøjnefaldende Sider af de stoflige Omlejringer af Kærnesubstans og Centrosomer under de hidtil bedst kendte Tilfælde af Befrugtning. Og en saadan Hypotese, der bringer en Række Enkeltheder under et fælles Synspunkt,

---

[1]) Jfr. her det Side 569 omtalte Tilfælde, hvor ubefrugtede Æg af Rundorme og Søstjærner udvikler sig, idet der kun udstødes en Polcelle, medens den anden efter sin Dannelse igen forener sig med Ægkærnen. Det umodne Ægs Kærne synes da her, før Reduktionsdelingerne, at have været udpræget hermafroditisk.

kan da altid faa stor Betydning som Arbejdshypotese ved fremtidige Undersøgelser. Naar vi saa udførligt har refereret den her, er det, fordi den forekommer os at give en simpel billedlig Opfattelse af en Proces, der er lige saa interessant og betydningsfuld, som den synes at være vanskelig at komme til en dybere Forstaaelse af. Og den store Lighed, som man havde paavist med Hensyn til Kønskærnernes Kromosomantal, kunde jo i og for sig ikke give en Forklaring paa Nødvendigheden af deres Forening, som netop maatte søges i deres indbyrdes Forskellighed. Hvori denne bl. a. bestaar, er det da de nævnte Forskeres Fortjeneste at have fremhævet, og dette synes at være et vigtigt Skridt fremad i Erkendelsen af maaske det største og vigtigste Problem indenfor hele Biologien. —

Imidlertid gives der Tilfælde, hvor et Foster udvikler sig af en Kønscelle — og da, saavidt vides, altid en hunlig — uden Befrugtning. Denne Forplantningsmaade har man givet Navnet

3. **Jomfrufødsel eller Parthenogenese.** Den forekommer endog ret hyppigt indenfor saavel Dyre- som Planteriget. Man kender den saaledes fra flere Insekter, Krebsdyr, Hjuldyr og Ikter som et ganske regelmæssigt og normalt forekommende Fænomen, medens den kun indtræder lejlighedsvis hos andre Dyr som Søstjærner og visse Sommerfugle, hvis Æg i Regelen gaar til Grunde, naar de ikke befrugtes. De Æg, der ligesom er forudbestemte til Udvikling uden Befrugtning, er gerne mindre og fattigere paa Blommemasse end de, der normalt bliver befrugtede. Og de optræder tillige i Reglen ogsaa med det fulde, normale, ikke reducerede Antal Kromosomer.

Mest udpræget er Jomfrufødselen hos saadanne Krebsdyr som de til Bladfødderne (Fyllopoderne) hørende Slægter *Branchipus* og *Apus* (Damrokker), blandt hvilke der kun meget sjældent optræder Hanner. De nær beslægtede Dafnier (*Cladocerer*) formerer sig ogsaa hvert Aar gennem flere Generationer ved ubefrugtede Æg, da Hannerne kun optræder paa visse Tider af Aaret. Af Ikterne kan f. Eks. Leverikten danne to parthenogenetiske Generationer afvekslende med en kønnet. Blandt de mange Insekter, der har Jomfrufødsel, synes denne endog at være den eneste Forplantningsmaade hos visse Blad- og Galhvepser, hos hvilke man slet ikke kender Hanner. Hos Bladlusene bestaar ofte flere Kuld alene af Hunner, der ikke destomindre viser den livligste For-

plantning gennem Æg. Men en Række parthenogenetiske Generationer afløses dog her af en kønnet Generation. Hos Bierne hersker det mærkelige Forhold, at alle befrugtede Æg udvikler sig til Hunner, men ubefrugtede til Hanner. Ogsaa hos flere Sommerfugle og Myg kender man Parthenogenese.

Men denne Forplantningsmaade er dog ganske ukendt i andre, og navnlig højere, Dyregrupper, som indenfor hele Hvirveldyrrækken, og der er ingen Grund til at antage, at den undtagelsesvis skulde kunne indtræde her, f. Eks. blandt Pattedyr som Menneskene.

I Planteriget har Parthenogenesen længe unddraget sig Opmærksomheden, hvilket bl. a. hænger sammen med, at Planterne jo som oftest er tvekønnede, og der saa altid kunde blive Tale om Selvbefrugtning, der ikke er ualmindelig. Imidlertid findes der en Del enkønnede, tvebo Planter, hvis Hunplanter sætter spiredygtige Frø uden Befrugtning, bl. a. hvor der slet ingen Hanplanter findes. Men mærkeligt nok har det for de fleste af disse Planters Vedkommende vist sig, at det her ikke drejer sig om Jomfrufødsel, men en rent vegetativ Forplantningsmaade (Apogami, se S. 554), selv om Fosteret opstaar i Frøanlægget, ja selv i Kimsækken, fordi det hunlige Æg ikke har noget med Fosterdannelsen at gøre, men det er rent vegetative Celler, som udvikler sig til Kimplanter. Kun for en enkelt lavere Plantes, den tvebo Alge, *Chara crinita's* Vedkommende, blev det allerede i 1857 utvivlsomt fastslaaet af J. Smith, at det her virkelig drejede sig om ægte Parthenogenese eller Fosterudvikling af ubefrugtede Ægceller. Men dette var saa ogsaa det eneste sikre Tilfælde, man kendte heraf indenfor Planteriget, indtil Aaret 1896, da det lykkedes den tyske Botaniker G. Klebs at paavise en Række andre blandt Algerne. Siden Aaret 1900, da det første Gang lykkedes — for den svenske Botaniker O. Juel — at føre Bevis for Forekomsten af Parthenogenese hos en Blomsterplante, den kurvblomstrede Fjæld-Kattefod (*Antennaria alpina*), har man saa imidlertid opdaget adskillige Arter saavel af Bregner som af Blomsterplanter, der normalt forplanter sig paa samme Maade, idet man ved cytologiske Undersøgelser har godtgjort, at det virkelig er Ægcellen, der uden Befrugtning udvikler sig til Kimplante. Ved Paavisningen heraf har en Række nordiske Botanikere foruden Juel, som Sv. Murbeck, C. Raunkiær, C. H. Ostenfeld

og O. ROSENBERG, indlagt sig den største Fortjeneste, fordi de herunder ikke alene har klaret meget vanskelige cytologiske Forhold og bl. a. paavist, at det virkelig er Ægcellerne, der udvikler sig parthenogenetisk, og at de da altid optræder med ikke reduceret, normalt, Kromosometal (ligesom de vegetative Celler), men de samtidig har skaffet overordentlig interessante Oplysninger tilveje om de undersøgte Planters Arvelighedsforhold, idet det her ogsaa drejede sig om tvekønnede Planter som Høgeurt (*Hieracium*), der foruden at forplante sig parthenogenetisk tillige undertiden kunde lade sig befrugte og bl. a. krydse med andre Arter. Foruden hos den før nævnte *Antennaria alpina* og flere andre Arter af samme Slægt er Parthenogenesen herved sikkert bleven paavist hos følgende i vor Flora saa almindelige Planter som *Alchimilla* (Løvefod). *Taraxacum* (Mælkebøtte) og *Hieracium* (Høgeurt) med flere Arter indenfor hver af disse Slægter. Hos de paagældende Kurvblomstrede lader der sig let udføre Kastrationsforsøg, saaledes at alle Støvknapperne skæres bort ved et Snit tværs igennem Kurven, før Æggene er blevne befrugtede. Af andre Blomsterplanter ved man endvidere, at et Par Arter af *Thalictrum* (Frøstjærne) og at *Wikstroemia indica* og en hel Række andre Planter er ægte parthenogenetiske. Og dertil kom som nævnt forskellige Bregner.

Medens der i Dyreriget ikke er nogen Mulighed for Forveksling af Apogami og Parthenogenese (se Noten S. 554), fordi de dyriske Æg er saa typiske og som oftest lægges af, saa Fostret udvikler sig udenfor Organismen, kunde der saa let ske Forveksling af Ægcellen og de andre vegetative Celler, der dannes i en Blomsterplantes Kimsæk. Og yderligere Vanskeligheder i saa Henseende viser der sig bl. a. derved, at det Æg, der udvikler sig parthenogenetisk, ikke faar sit Kromosomtal reduceret. Hvorledes man nu i saa Tilfælde alligevel kan afgøre, at det virkelig er Ægcellen, der udvikler sig uden Befrugtning, kan vi ikke her komme nærmere ind paa, men det skal kun tilføjes, at man ogsaa mener at have paavist Ægceller, saavel i Dyre- som i Planteriget (f. Eks. hos *Chara crinita*), der optræder med reduceret Kromosomtal og alligevel udvikler sig parthenogenetisk.

Vi ser altsaa, at snart sagt alle tænkelige Forplantningsmaader fra rent vegetativ gennem de forskelligste Stadier af kønslig Forplantning er mulig, og vi maa da endnu kun spørge: Er der saa ikke ogsaa Mulighed for, at ogsaa den hanlige Kønscelle uden

Forening med en hunlig kan give Afkom, eller kan den hanlige Celles Rolle ved Befrugtningen, hvor en saadan ellers er nødvendig, erstattes af anden Slags Indvirkning paa den hunlige Kønscelle? Til Besvarelsen af disse Spørgsmaal er der kommen ret kuriøse Ting frem.

Vel kender man endnu intet Eksempel paa, at der af en hanlig Kønscelle alene kan udvikle sig et Foster, eller at den blot kan paabegynde en Deling uden Samvirken med en anden Celle. Men man har gjort følgende Eksperimenter, der dog ikke udelukker Muligheden af noget saadant.

De to berømte tyske Zoologer, Brødrene Oscar og Richard Hertwig, rystede (i 1887) Kærnerne ud af Æggene paa Søpindsvin og lod derpaa Sædlegemer trænge ind i disse Æg. Og uden Medvirkning af den hunlige Cellekærne begyndte da de hanlige Cellekærner at dele sig, saa der opstod en Samling af smaa embryonale Celler. Ja, en anden tysk Zoolog, Th. Boveri, fik (i 1889) endog paa denne Maade en hel lille Larve til at udvikle sig. Senere (1899) er saadanne Forsøg ogsaa lykkedes (for Franskmanden Yves Delage, der har givet Fænomenet Navnet Merogoni) med Foreningen af Sædceller med kærneløse Æg af Ledorme og Bløddyr. Og den tyske Botaniker Hans Winkler har (1901) faaet kærneløse, befrugtede Æg af Tangarten *Cystosira barbata* til at dele sig og vokse ud til en lille Kimplante, mens det ellers ikke vil lykkes at faa den paagældende Alges normale Æg til at udvikle sig parthenogenetisk. Men dette sidste har netop ladet sig gøre ved kunstige Indgreb paa forskellige andre dyriske Æg.

Denne saakaldte kunstigt fremkaldte Parthenogenese er en af de Opdagelser, der i de senere Aar har vakt størst Opsigt indenfor Biologien. Man vidste længe af Erfaring, at mekaniske Indgreb, kemisk Paavirkning, Stik af Insekter, Snylteres Indvirkning o. l. baade hos Dyr og Planter kunde pirre Celler, der ellers var holdt op med at dele sig, til Nydannelser (Svulster, Saarkork, Galler o. l.), og det laa da nær at forsøge, om ikke ogsaa en ubefrugtet Ægcelle paa lignende Maade kunde pirres til at paabegynde Delinger. Og dette lod sig i Virkeligheden gøre ved Indgreb og Paavirkninger af højst forskellig Art. Talrige Forskere og først Rich. Hertwig (1896), men senere navnlig den amerikanske Fysiolog Jacques Loeb og Franskmanden Yves Delage, har beskæftiget sig med saadanne Forsøg, hvorved det

er lykkedes at faa ubefrugtede Æg af forskellige Pighude (Echinodermer) til at udvikle sig til ret fuldkomne Larver, men dog aldrig til helt udvoksne, normale Dyr. En saadan Virkning har f. Eks. Indblanding af visse Salte (især Klornatrium og Klormagnium) i Vandet, hvori Æggene befinder sig, Anvendelsen af smaa Mængder stærke Gifte (som Stryknin) eller en kort Tids Indvirkning af saa høj en Temperatur, som ellers snart vilde dræbe Æggene. Ogsaa et Ekstrakt af de paagældende Dyrs Sæd uden Sædlegemer kan have denne Virkning, men særlig effektiv er en Behandling med Kulsyre.

Man har paa disse i og for sig mærkelige Forsøg bygget store Forventninger om praktiske Resultater af ret besynderlig Art, og man har navnlig troet herigennem at have fundet Nøglen til en Forstaaelse af selve Befrugtningens Væsen, idet man naturligvis har sidestillet Virkningerne af Sædcellens og disse kunstige Agentiers Indflydelse paa Ægcellen med hinanden. Men i ingen af disse Henseender har man dog vist Udsigt til at naa noget virkelig værdifuldt. Ti for det første er den i Ægget fremkaldte Udvikling tydeligvis af patologisk Art og nærmest at sammenligne med de ovenfor nævnte sygelige Svulster, der kan fremkaldes paa lignende Maade, saaledes at der ved den Slags Indgreb næppe opnaaes den Foryngelse og Evne til fortsat Udvikling, der netop er det centrale i den naturlige Befrugtningsproces. Og dernæst er den rent energetiske Paavirkning (Kraftoverføring eller Kraftudløsning), som f. Eks. Loeb vil anse for den væsentligste Indvirkning af Sædcellerne paa Ægcellen, og som han derfor mener delvis kan erstattes af osmotiske Kræfter (fra Saltopløsninger) eller katalytisk virkende Stoffer (som Gifte og Enzymer), saa langt fra i Overensstemmelse med det, der faktisk foregaar under Befrugtningen, at f. Eks. en Ægcelle ofte straks gaar i et Hvilestadium, naar den har forenet sig med Sædcellen, og først senere begynder at dele sig, og de fra Sædcellen medførte Kromosomer og Centrosomer jo saa aabenbart spiller den største Rolle for Oprettelsen af en rent stoflig Ligevægt og Komplettering. Der er saaledes mere Grund til i den kunstige Parthenogenese at se blot en Kuriositet end noget, der har fundamental Betydning for Forstaaelsen af Befrugtningens egentlige Væsen (se herom S. 570—73), og end mindre Udsigt til, at den vil kunne fremkalde en Revolution i den praktiske Udførelse af Organismernes Forplantning.

Fosterudvikling.

Det er flere Gange tidligere fremhævet, at alle de Organismer (Dyr og Planter), der har deres Oprindelse fra en befrugtet Ægcelle, i det allerførste Stadium af deres Udvikling er næsten ganske ens i Udseende, saa det f. Eks. kan være vanskeligt blot ved en simpel mikroskopisk Undersøgelse at skelne mellem en Alge, en Pighud og et Pattedyr. Andre Æg, f. Eks. af visse Fisk, af Krybdyr eller Fugle, kan dog være saa store eller have en saa karakteristisk formet eller farvet Skal, at de umiddelbart kan kendes. Men selv hvor der indenfor en Dyregruppe som f. Eks. Hvirveldyrene er ret store Forskelligheder i Henseende til Æggets Ydre, er der den mest forbavsende Overensstemmelse i den Maade, paa hvilken det hos forskellige Arter senere udvikler sig til Foster, og de Udviklingsstadier, der gennemløbes under Fostertilstanden.

Et Individs Udviklingshistorie eller Ontogenese peger saaledes tilbage paa et Slægtskab med Individer af andre Arter, der delvis gennemløber de samme Udviklingsstadier i Fostertilstanden, hvorunder utallige tidligere Generationers gradvise Omformning afspejler sig som et Billede af hele Stammens Udviklingshistorie eller Fylogenese (se ogsaa S. 81 og 584).

Læren om Fosterudviklingen eller Embryologien har saaledes afsløret os biologiske Love af fundamental Betydning for vor Forstaaelse af det indbyrdes Slægtskab mellem Jordens forskellige Organismer, og skønt vi her ikke kan komme synderligt ind paa Enkeltheder i de dybtgaaende Omformninger, som navnlig de højere Dyr undergaar i denne Periode, eller paa Oprindelsen til deres enkelte Organer og Væv, vil vi dog forsøge at paapege nogle Grundlinjer i Udviklingsgangen under Fostertilstanden for at vise den ubrødelige Lovmæssighed, der ogsaa gælder her.

Antager vi, at de flercellede Organismer (Metazoërne og Metafyterne) nedstammer fra encellede (Protisterne), hvilket efter alt, hvad der er udviklet i det foregaaende, er en velbegrundet Opfattelse, vil man dog hurtigt faa Øje for, at Udviklingen har taget to udpræget forskellige Retninger indenfor henholdsvis Dyre- og Planteriget, og det vil derfor være naturligt at betragte Fosterudviklingen indenfor hvert af disse for sig, idet vi nu ser bort fra Protisterne.

Fosterudviklingen i Dyreriget rummer vel flere forskel-

lige Typer, men der er dog saa stor Overensstemmelse mellem disse, at vi her kan nøjes med at fremdrage nogle enkelte og saa ellers hovedsageligt se paa de fælles Træk hos dem alle.

Kortere eller længere Tid — men som oftest umiddelbart — efter Æggets Befrugtning begynder det sine første Delinger eller

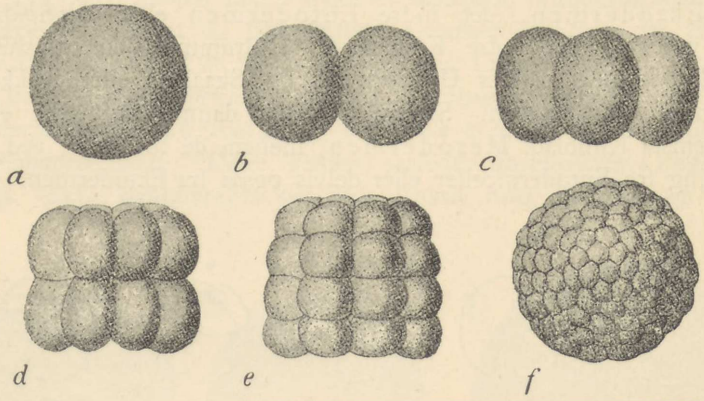


Fig. 159. De første Kløvninger i det befrugtede Æg af Lancetfisken *(Amphioxus lanceolata)* indtil Dannelsen af en Blastula *(f)*. Viser den ækvale Delingsmaade.

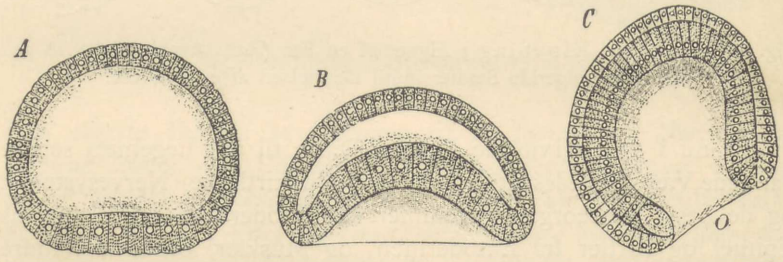


Fig. 160. Blastulaens Udvikling til Gastrula hos Lancetfisken. Tværsnit. I *C* er det yderste Cellelag Ektodermen, det inderste Entodermen; *O* er Urmunden.

Kløvninger. Saadanne er bl. a. viste i Fig. 58 (S. 70) og Fig. 159, hvor Kløvningen har været ligelig, ækval, og foranlediget Dannelsen af en Gruppe lige store Celler, der har ordnet sig kugleformet i et enkelt Lag, omsluttende et Hulrum. Denne simpleste Delingsmaade, der fører til Dannelsen af, hvad man kalder en Blastula, træffes hos adskillige Dyr, hørende til

højst forskellige systematiske Grupper, som Cølenterater (Gopler og Koraldyr), Pighude, visse Orme og Krebsdyr, Sækdyr og et enkelt Hvirveldyr *(Amphioxus)*. Naar Blastulaen har naaet en vis Størrelse, krænger dens ene Side sig ind, saa der dannes en Halvkugle, Sæk eller Skaal med dobbelte Vægge, eller hvad man kalder en Gastrula (Fig. 160). Det ydre Cellelag kaldes nu Ektodermen, det indre Entodermen eller henholdsvis det ydre og det indre Kimblad. Hulrummet, der omsluttes af Entodermen, kaldes Urtarmen, og Skaalens eller Sækkens Aabning Urmunden. Senere kan der dannes et tredje eller mellemste Kimblad, Mesodermen, mellem de to andre, ved Afsnøring fra Entodermceller eller delvis ogsaa fra Ektodermen. Og

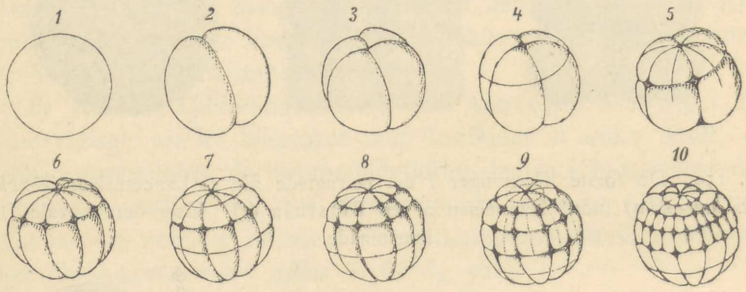


Fig. 161. Inækval Kløvning i Ægget af en Frø *(Rana temporaria)* i 10 paa hinanden følgende Stadier indtil Dannelsen af en Blastula.

vi har nu i de 3 Kimblade Modercellerne til alle Legemets senere dannede Væv, saaledes at Overhuden, Hudkirtlerne, Nervesystemet og de fleste Sanseorganer stammer fra Ektodermen, Tarmkanalens Epithel og Kirtler fra Entodermen, og Muskler, Bindevæv, indre Skeletdele, Kar, Ekskretions- og Kønsorganer fra Mesodermen.

I andre Tilfælde fører de første Kløvninger af Ægget ikke til Dannelsen af lige store Celler, men Delingen er ulige eller inækval, skønt dog ligesom foregaaende total, for saa vidt hele Æggets Masse deltager i Delingsprocesserne (Fig. 161). Kun bliver altsaa nogle Celler større end andre og deres indbyrdes Anordning ikke saa regelmæssig som i foregaaende Tilfælde. Saaledes foregaar Kløvningen af Ægget hos overmaade mange Dyr, f. Eks. Havfladorme, de fleste Bløddyr, Lungefisk, Ganoider, Rundmunde, Frøer og andre Padder og i Hovedsagen ogsaa hos de

fleste hidtil undersøgte højere Pattedyr (her er det nemlig meget vanskeligt at skaffe sig Materiale paa saa tidlige Stadier af Fosterudviklingen). Under Overgangen fra Blastula til Gastrula er det de større Celler, der krænges ind og danner Entodermen, og da disse er forholdsvis rige paa Næringsblomme, maa nogle af dem ofte senere tjene til Næring for de andre. Urtarmhulen kan da en Tid være næsten helt udfyldt af saadanne Entodermceller, der senere resorberes, og Ektodermen kommer ofte paa det yngste Gastrulastadium til at bestaa af flere Lag Celler.

Endelig skal vi nævne, at Æggets Kløvning ikke altid er total, men undertiden kun partiel, idet visse Dele af det slet ikke deltager i Delingsprocessen. Dette gælder saaledes Insekternes, Fuglenes (Fig. 162), Krybdyrenes og flere Fiskes store blommerige Æg,

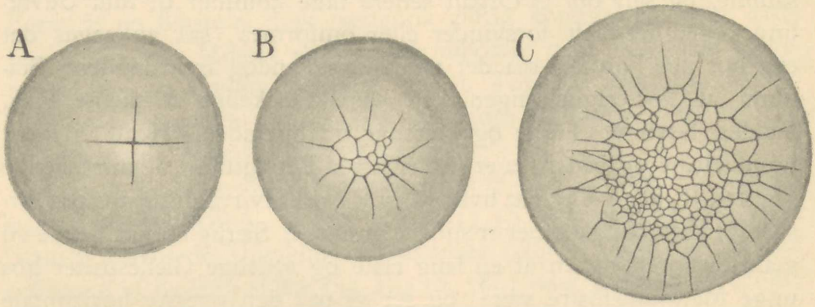


Fig. 162. Partiel, diskoidal, Kløvning af Hønseægget.

hvis største Del jo er bestemt til at tjene som Næring for Fosteret under dets Udvikling. Celledelingerne foregaar da kun paa et mindre, skiveagtigt (diskoidalt) Parti af Æggets Overflade, henimod dets ene Pol, og Gastruladannelsen, under hvilken den ukløvede Blommemasse indkrænges i Urtarmen, sker meget langsomt, saa flere vigtige Organer er udformede, naar den er bragt til Ende.

Idet da saa at sige alle flercellede Dyrs Udvikling i de første Stadier af Fostertilstanden kan bringes ind under en af ovennævnte 3 Hovedtyper, vil det ses, hvor ringe Forskel der i saa Henseende er Tale om. Og noget lignende gælder forøvrigt angaaende Uddannelsen af de enkelte Organsystemer, hvis Oprindelse fra de 3 Kimblade vi før nævnede, men som vi ikke her skal forfølge videre i Enkelthederne.

Anderledes store og iøjnefaldende maa naturligvis Forskelligheder blive, naar det gælder den ydre og indre Udformning af Legemet paa de senere Stadier af Fosterudviklingen. Ti her viser Dyrerigets forskellige Rækker, som Pighude, Orme, Leddyr, Bløddyr og Hvirveldyr, sig jo at være formede efter ganske forskellige Grundplaner og indbyrdes at afvige i højeste Grad saavel med Hensyn til de ydre Lemmers Art og Antal, som til Skeletsystem, til Nerve- og Karsystemets Lokalisation, til Aandedrætsorganernes Udformning o. s. v.

Men holder vi os saa blot indenfor en enkelt Række, som f. Eks. den store Gruppe af Hvirveldyr, saa kan vi igen træffe den mærkværdigste Overensstemmelse baade i indre og i ydre Bygning et langt Stykke ud over det Stadium, Gastrulaen, vi nylig forlod. Her viser nemlig Grundplanen sig at være ganske den samme, og selv om et Organ senere ikke kommer til fuld Udvikling, eller det helt forsvinder eller omformes, saa anlægges det ens hos alle Former, saa det paa et vist, endog fremskredent, Stadium af Fosterudviklingen kan være vanskeligt at skelne Fisk, Padder, Krybdyr, Fugle og Pattedyr fra hinanden. Heraf vil man umiddelbart og bedst faa et Indtryk ved Betragtning af omstaaende Fig. 163 (S. 584—85), paa hvilken en Række Hvirveldyrfostre paa forskellige Udviklingsstadier er stillede sammen. Særlig iøjnefaldende vil saaledes Forekomsten af en lang Hale og tydelige Gællespalter hos unge Menneskefostre være, og ser vi paa den øverste horizontale Række, er der jo ingen væsentlig Forskel mellem Hvirveldyrenes 5 Klasser paa et Stadium, da alle de vigtigste Organer i Legemet, endogsaa Øjnene, er anlagte (det yngste her afbildede Menneskefoster er c. 18—21 Dage gammelt). Der gives da heller næppe noget saa talende Vidnesbyrd om det indbyrdes Slægtskab mellem alle Dyrene indenfor en saadan Række som dette, og gaar vi altsaa lidt længere tilbage i Udviklingen, til Gastrula- og Blastula-Stadierne, er man vel af Lighederne her berettiget til at drage Slutninger om et videregaaende Slægtskab mellem Dyrerigets forskellige Afdelinger.

Fosterudviklingen i Planteriget, der ogsaa har sit Udgangspunkt fra en i Regelen kugleformig, befrugtet Ægcelle, er vel ikke paa de første Stadier saa ensartet som i Dyreriget, men frembyder dog ogsaa indenfor de enkelte store Rækker som f. Eks. nøgenfrøede og dækfrøede Blomsterplanter en ganske tilsvarende indbyrdes Overensstemmelse som den, vi fandt indenfor

Hvirveldyrrækken. Hos lavere staaende Former som Alger og Svampe er den derimod mere uensartet, hvilket vel tildels hænger sammen med disse Organismers forholdsvis langt simplere Legemsbygning end de lavere Metazoërs og de enkelte Cellers forholdsvis større Selvstændighed.

Ofte er det saaledes, at de Celledelinger, der indledes med Ægcellens første Udvikling, kun foregaar i en Rumretning. Herved dannes da kun en simpel Traad af Celler, som vi kan træffe den hos mange Alger, Svampe og Mosforkim. Foregaar Delingerne i to paa hinanden vinkelrette Rumretninger, opstaar der en pladeformig Anordning af Cellerne i et enkelt Lag, hvilket ogsaa kendes fra Algerne, omend næppe hos saadanne, der har kønslig Forplantning. Men foregaar Delingerne efter 3 Rumretninger, kan vi faa dannet mere eller mindre regelmæssige Hobe af Celler og undertiden saadanne hule Kugler som Algen *Volvox*, der har Form af en Blastula, men rigtignok aldrig kommer ud over dette Stadium. Hos Mosser og Bregner udvikles den ukønnede Generation ved en Række Delinger fra en Topcelle efter ganske bestemte Planer, men der er dog ret store Variationer mellem de enkelte Arter indenfor disse Grupper.

Størst Regelmæssighed træffer vi som sagt indenfor Blomsterplanternes Udvikling. I Fig. 56 og 57 (S. 69) er vist de første Stadier af Kimens Udvikling hos Rødløg *(Allium Cepa)* og Skeblad *(Alisma)*, af hvilken sidste Fig. 164 (S. 586) viser nogle af de senere Stadier, og saaledes begynder Kimdannelsen i Hovedsagen hos næsten alle Blomsterplanter. Efter nogle faa regelmæssige Celledelinger bliver Plantens Grundorganer, Rod, Stængel og Blad, tydeligt anlagte, og de forskellige Væv udformes fra Segmenter, der kan følges tilbage til de første Delinger af den befrugtede Ægcelle. Medens Overensstemmelsen med Hensyn til Grundorganerne jo er overordentlig stor indenfor alle Blomsterplanter, adskiller man som bekendt to store Grupper af disse efter Antallet af dannede Kimblade, de enkimbladede og de tokimbladede, hvortil kommer som en mere selvstændig Gruppe de nøgenfrøede, der i Regelen har et større Antal Kimblade. Men det her anførte er da ogsaa talende Vidnesbyrd om Ligheder under Fosterudviklingen, der tyder paa en fælles Oprindelse og et indbyrdes Slægtskab mellem Former, der senere saavel med Hensyn til Størrelse som Blad- og Blomsterbygning, Forgreningsforhold o. s. v. kan frembyde saa store indbyrdes Forskelligheder. —

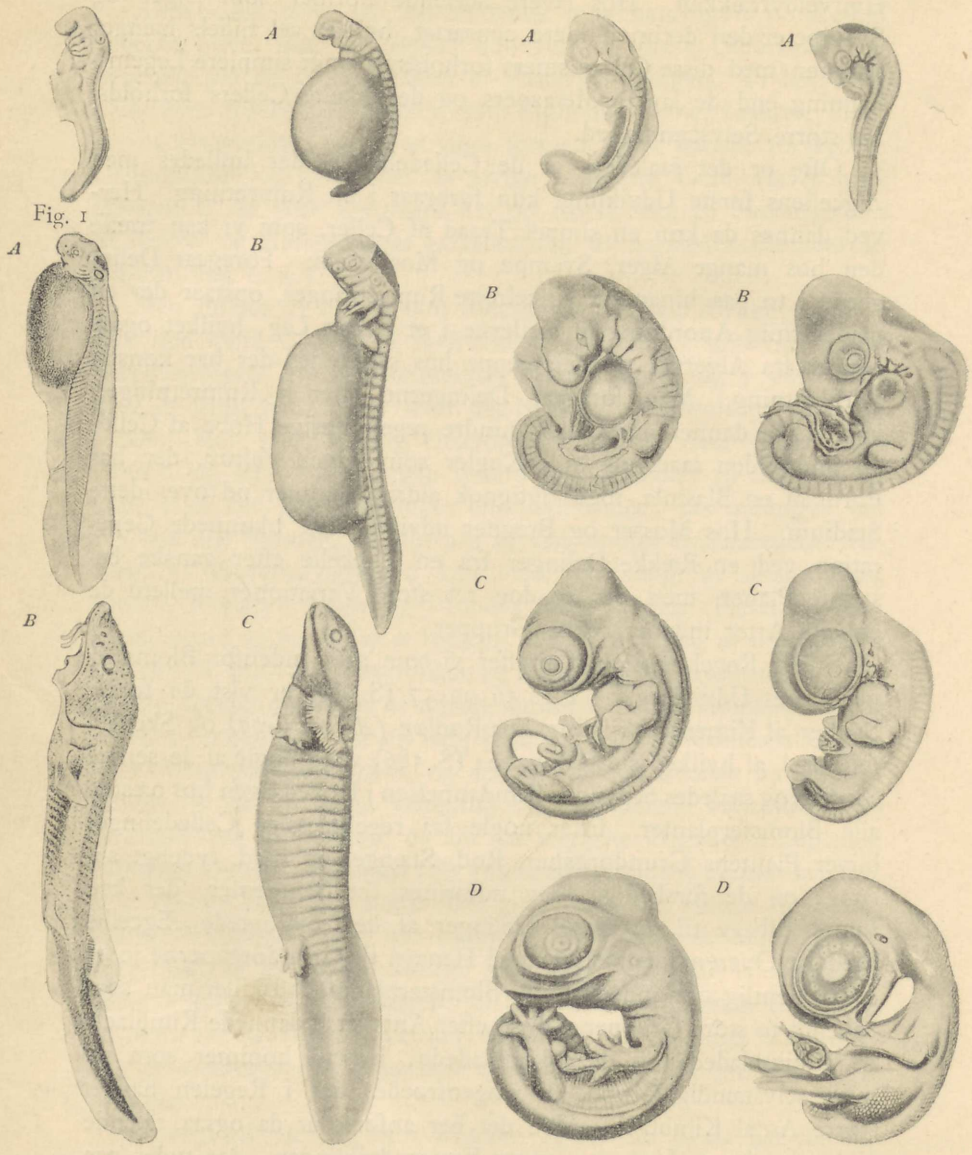


Fig. 163. Fostre af forskellige Hvirveldyr paa tilnærmelsesvis samme Udvik Tale om en fuldstændig nøjagtig Sammenstilling af ganske tilsvarende Udviklingsstadier. (Firben), *5* af en Fugl (Høne), *6—9* af Pattedyr (*6* Svin, *7* Kanin, *8 A* Orangutang, *C* 35 Dage, *D* 52—



Fig. 6 Fig. 7 Fig. 8 Fig. 9

lingstrin. Da Dyrenes Fosterudvikling tager meget ulige lang Tid, kan der ikke være *1* og *2* er af Fisk (Rokke og Stør), *3* af en Padde (Fiskepadde), *4* af et Krybdyr *8 B, C* af Makak-Abe, *8 D* af en Gibbon, *9* af et Menneske [*A* 18—21 Dage, *B* 27—30 Dage, 54 Dage gammelt]).

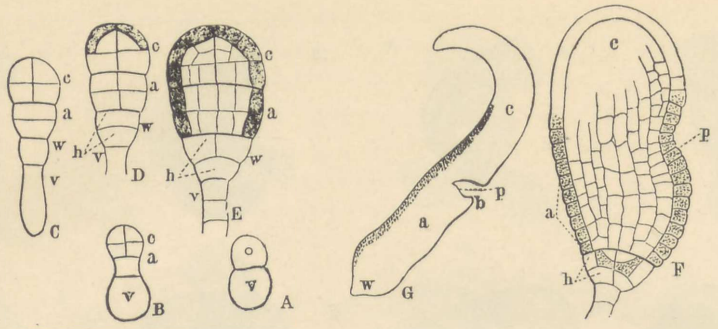


Fig. 164. Fosterudviklingen til Kimplante hos en enkimbladet Blomsterplante, Skeblad *(Alisma)*. *A* den første Celledeling af den befrugtede Ægcelle; *B—F* viser de følgende Celledelinger; *v* er Kimtraaden (svarende til Navlestrængen hos Dyr); *w* Modercelle for Rodhætten *(h)*; *c* Celler, der udvikler sig til Kimblad; af *a* dannes Kimstænglen (*p* er dennes Vækstpunkt); paa det videst udviklede Stadium *(G)* repræsenterer *w* Kimroden, *b* det første Løvblad.

Der kunde endelig ogsaa være Anledning til at se paa Overensstemmelserne i den Udvikling, der har sit Udgangspunkt ikke i en befrugtet Ægcelle, men i kønsløse Forplantningsorganer eller i ubefrugtede Æg. Ti her kan der paavises lignende lovmæssige Forhold som ved den egentlige Fosterudvikling. Men vi skal dog nøjes med i saa Henseende at pege paa det interessante Fænomen, som de vegetative Forplantningsorganer saa ofte henleder Opmærksomheden paa, at der i enhver Celle eller i et bestemt Organ, der er i Stand til at indlede Udviklingen af et nyt selvstændigt Individ, er nedlagt alle de Anlæg, der under Differentiationen i en flercellet Organisme kun fremtræder i enkelte Celler eller Cellevæv og da ligesom bliver fordelte paa disse i Kraft af en Specialisering af Egenskaberne i forskellige Retninger. Ved de mange Regenerationsforsøg, man har anstillet med kunstig Deling af Organismer, eller hvor disse enten normalt selv deler sig, eller de ved tilfældig ydre Vold bliver delte, kan man jo f. Eks. se, hvorledes der af et hovedløst Stykke af en Regnorm kan vokse et nyt Hoved frem med alle de Organer, som hører dertil, at en Arm af en Søstjærne kan vokse ud til et fuldstændigt normalt Dyr, eller at en Stump af en Rod, en Stængel eller et Blad af en Plante kan spire og danne de andre Grundorganer, idet Celler, som i en ubeskadiget Organisme vilde have hørt op med at udvikle sig, og som her var specialiserede i en ganske bestemt Retning, nu genoptager

deres Udvikling og afslører, at der i dem slumrede Anlæg, som ellers ikke vilde komme tilsyne. Men alt ialt vil det vise sig, at de kønsløse Forplantningsorganer under deres Udvikling følger de samme Baner, som er afstukne for den befrugtede Ægcelle, og at der for saa vidt sædvanlig ikke kommer nye Momenter ind i en Arts Udviklingskreds, hvad enten den forplanter sig paa den ene eller den anden Maade, med mindre den under Befrugtningen bliver paavirket ved Krydsning med en anden Art, eller der af en eller anden uforklarlig Aarsag indtræder det, man kalder en Mutation. Med disse sidste Fænomener skal vi beskæftige os i det følgende Afsnit.

7. Arvelighed og Udvikling.

I vore Dage er en Mængde Kundskabsstof, der møjsommeligt er tilvejebragt gennem videnskabelig Forskning, og som derfor var ganske ukendt for tidligere Generationer, bleven Allemands Eje. Det hører med til den Del af Tidens Viden, der ligesom ligger i Luften, og om hvilket alle taler, saa den enkelte umiddelbart lærer det uden at have nogen Møje dermed. Men hvad der saaledes er bleven »almindelig bekendt«, er desværre ikke altid helt rigtigt. Det maa derfor jævnligt revideres, berigtiges, ja undertiden endogsaa helt omstødes og give Plads for en bedre Erkendelse. Ti »Sandhederne« har jo beklageligvis ofte en temmelig kort Levetid. Og medens det ellers i Almindelighed kan volde stort Besvær og tage alt for lang Tid for den gennem Forskningen erhvervede nye Viden at trænge ud til de Lag af Mennesker, der kunde have den største Nytte af den, gaar dette i andre Tilfælde — og navnlig naar det gælder Spørgsmaal, som Folk er meget nysgerrige efter at faa noget at vide om — ofte lidt for hurtigt.

Efter at f. Eks. Bakteriologien har opklaret en Række farlige smitsomme Sygdommes Aarsager og i nogle Tilfælde tillige har anvist sikre Midler til at forebygge eller helbrede for disse, venter Verden stadig spændt paa at høre mere fra den Kant af Videnskabens Omraade og fæster gerne Lid til hver ny sensationel Meddelelse, der gennem Pressen gives om nyopdagede Midler mod den og den Sygdom — selv om den nok saa ofte derved udsætter sig for smertelige Skuffelser. Og efter at Elektrotekniken har

præsteret saadanne Vidundere som Telefon, Fonograf, traadløs Telegrafi o. s. v., er der snart ikke længere noget, som man ikke tiltror dette Barn af Videnskaben Evnen til at finde paa, hvilket naturligvis ogsaa giver Anledning til en Mængde forhastede Meddelelser og til falsk Reklame med Voltakors, elektriske Mavebælter, Vibratorer, Elektrokulturer[1]) o. l.

I et lignende Forhold til Almenheden staar for Tiden Arvelighedsforskningen, der ogsaa beskæftiger sig med Spørgsmaal af den største Interesse for alle, og hvis hidtidige formentlige Resultater — bortset fra deres absolute Rigtighed — dels har vendt op og ned paa visse moralske Begreber, dels har udvidet Menneskedens aandelige Horizont, for saa vidt de havde en særlig Tilknytning til Udviklingslæren, og endelig har givet det praktiske Forædlingsarbejde med Dyr og Planter et kraftigt Stød fremad. Det er saaledes gennem den gaaet over i den almindelige Bevidsthed, at de levende Væsener, og blandt dem ogsaa Menneskene, i langt mindre Grad, end man tidligere havde troet, er personligt ansvarlige for, hvad de bliver til, hvad de udretter, og hvorledes de i det hele taget er, men at deres Forfædre gennem mange Generationer har den væsentligste Andel i deres Skæbne, fordi de enkelte Individer i Form af Arv f. Eks. kan slæbe om med Byrder og Aag, som det er umuligt for dem at afkaste, og som ofte sætter uoverstigelige Grænser for deres egen Udvikling. Dette kan jo være i højeste Grad nedslaaende, men undertiden dog ogsaa i nogen Maade beroligende for dem, det gaar ilde, idet de da ikke behøver at tage hele Skylden herfor paa deres egen Samvittighed, ligesom det paa den anden Side kun kan være opmuntrende for dem, der ved sig at høre til de gode, sunde, dygtige Slægter og derigennem at have faaet det rige Arveguld til Udmøntning. Og hvis Darwin havde haft Ret i den Antagelse — som nu ogsaa er gaaet de fleste Blodet —, at de levende Væsener bestandig varierer i alle mulige Retninger, og at disse Variationer er arvelige, saa at det bliver muligt saavel for Naturen som ved

[1]) Paa Side 160—161 i denne Bog er der omtalt saadanne Elektrokulturforsøg, der for et Par Aar siden, da disse Sider blev skrevne og trykte, havde vakt den største Opmærksomhed, og for hvilke nogle af Videnskabens største Navne (som den engelske Fysiker Oliver Lodge) var gaaede i Borgen. Senere Forsøg og Undersøgelser har imidlertid belært os om, at ogsaa Meddelelserne herom var forhastede, saa Elektrokulturen hidtil ikke har faaet nogen som helst praktisk Betydning.

Kunst at udvælge Individer med særligt værdifulde nye Egenskaber til fortsat Forplantning, saa var der jo herved aabnet de mest løfterige Udsigter til Forædling og Fremskridt paa alle Livets Omraader, som vel kunde begejstre og fange Sindene.

Ganske vist havde denne første Epoke i Arvelighedsforskningen, fra hvilken disse Meninger stammer, ladet visse kapitale Spørgsmaal staa aabne og uløste, som dette, om nu ogsaa de — gode eller slette — Egenskaber, som det enkelte Individ erhverver sig i sit Liv, har Udsigt til ved Arv at overføres til dets Afkom, eller om f. Eks. et Menneske ved ikke at forvalte den gode Arv, det har fra sine Forfædre, paa rette Maade eller ved selvforskyldt at forringe sin fysiske og aandelige Kapital og maaske under et letsindigt Liv paadrage sig legemlige og moralske Skavanker, kan risikere, at disse »Synder« nedarves paa dets Børn »i tredje og fjerde Led«, som allerede Bibelen lærte, og om den enkelte da saaledes har et Ansvar, der rækker langt ud over hans Tid, for det, han foretager sig, eller om han paa den anden Side har Haab om, at hans nyerhvervede værdifulde Egenskaber ogsaa kan komme hans Efterkommere til Gode. Herpaa har man da bl. a. spændt ventet Svaret fra den moderne Arvelighedsforskning, som netop har taget dette Spørgsmaal om de erhvervede Egenskabers Arvelighed op til ny og indgaaende Undersøgelse.

Imidlertid har Arvelighedslæren samtidig med et ukendt Opsving i den sidste halve Snes Aar taget en helt anden Vending end den, man oprindelig havde ventet, og ved en nøje kritisk Prøvelse af tidligere Undersøgelser i Forbindelse med nye Opdagelser og nye Undersøgelsesmetoder har den for Størstedelen omstødt de gamle Opfattelser og lagt Fundamentet til nye, der bygges paa ganske andre Synspunkter og Begreber end dem, man hidtil havde arbejdet med. Men den har saa ogsaa hidtil kun netop naaet at faa anbragt Grundstenene i denne nye Bygning, paa hviken saa mange af de mest fremragende Biologer nu arbejder med fuld Kraft, og den har derfor foreløbig udbedt sig Henstand med den endelige Besvarelse af flere af de store Spørgsmaal, som man allerede mente at have faaet Klarhed over, men som har vist sig at være langt mere indviklede og vanskelige, end man før kunde se. Hvad den nye Retning mener indtil nu at have naaet og at turde regne sig til Fortjeneste, er for det første at have bragt en Smule Orden i det Kaos af Materiale, som tidligere Undersøgelser og praktiske Erfaringer havde hobet op paa dens

Bord, og af hvilke den har søgt at skille Avner fra Kærner — omend der kun var forholdsvis lidet af de sidste — og dernæst at have paavist en langt større Lovbundethed i Arvelighedsfænomenerne, end man før almindelig havde antaget, bl. a. ved at fremdrage af Glemselen de grundlæggende Opdagelser, som den østerrigske Abbed GREGOR MENDEL allerede i 1865 havde gjort angaaende Bastarders Arvelighedsforhold, samt bekræfte og nærmere uddybe disse. Ti Arvelighedslovene synes netop at høre til dem, der har den største almene Gyldighed indenfor den levende Natur, og dertil at være saa strænge, at de ikke tillader noget levende Væsen at knibe udenom, fordi de saa at sige er uden Undtagelser, hvad Love og Regler jo ellers ikke plejer at være. Naar man f. Eks. har ment i Mutationerne at se saadanne hyppigt forekommende Undtagelser, har flere af disse senere vist sig slet ikke at eksistere, men ogsaa at høre til de strængt lovbundne Fænomener. Og idet denne Bog særlig har taget Sigte paa at udrede de store fælles Love for alt levende, staar den just her overfor den taknemligste Opgave, hvor den ser den strængeste Lovmæssighed herske indenfor hele den levende Natur. At vor sikre Viden om nogle af de Spørgsmaal, der har særlig stor Betydning og almen Interesse, endnu desværre er saa begrænset eller undertiden næsten lig Nul, er en Sag for sig, der utvivlsomt vil være en Skuffelse for mange. Men vi skulde nu i det følgende søge strængt at sondre imellem, hvad man ved, og hvad man ikke ved om Arvelighed, samt fremdrage de vigtigste af de hidtil opdagede Grundlove, der gælder her.

Foruden den almindelige Forskningstrang er der navnlig to Drivfjedre, som har tjent til Fremme af Arvelighedsforskningen, nemlig det praktiske Forædlingsarbejde med Husdyr og Kulturplanter, og Udviklingslæren, der nødvendigvis maatte søge efter en Forklaring paa, hvorledes den nu af alle antagne Udvikling indenfor den levende Natur har fundet og finder Sted. Af disse har den sidste absolut været den stærkeste, og først efter Udviklingstankens Gennembrud, der for største Delen netop skyldes den af DARWIN givne Forklaring gennem det naturlige Udvalg (Selektionsteorien), bliver Arvelighedsproblemerne for Alvor brændende, saa Diskussionen om selve Udviklingslæren hovedsageligt kommer til at hvile paa dem. Senere er vel den mere praktiske Side af Arvelighedsforskningen traadt i Forgrunden, ved at man i fremtrædende Grad ogsaa har taget Spørgsmaal op, der

strængt taget ikke berører selve Udviklingen, og man — fra visse Hold i hvert Fald — har stillet Drøftelsen af Aarsagerne til denne noget i Bero, indtil der er vundet flere positive Erfaringer, bl. a. gennem Eksperimenter over den Maade, paa hvilken nye Former virkelig kan opstaa. Og vil man da skaffe sig et Overblik over, hvor vidt vi for Tiden er naaede i Indsigt med Arvelighedsproblemerne, vil det antageligt lette Forstaaelsen heraf at følge den historiske Traad i Udviklingen af selve denne Sag.

Udviklings- og Arvelighedslæren indtil c. Aar 1900.

Saa længe man nærede den Opfattelse, at de enkelte Arter af Dyr og Planter var opstaaede ved en Skabelsesakt, uafhængigt af hverandre, kunde Begreberne Slægter, Familjer o. s. v., der som bekendt blev anvendte af LINNÉ ved hans Klassificering af Organismerne, jo kun have en rent billedlig Betydning. Et virkeligt Slægtskab kunde der efter Datidens Opfattelse alene være Tale om mellem blodbeslægtede Individer, og dette vilde praktisk talt være indskrænket til at gælde Former indenfor samme Art eller Slægt, for saa vidt som Krydsninger mellem Individer af forskellige Slægter hører til Sjældenhederne, og man endnu ikke kender noget Eksempel paa, at Repræsentanter fra forskellige Familjer (alle disse Udtryk her tagne i naturhistorisk, LINNÉ'isk, Forstand) kan »blande Blod« med hinanden. Om Overgange fra den ene Art til den anden mente man slet ikke, der kunde være Tale. Hver Art var skabt med Karakterer, der holdt sig konstante, saa længe Arten eksisterede.

Rent vidunderligt og beundringsværdigt var det, at LINNÉ, der baserede sin Inddeling paa i flere Henseender kunstige Kendemærker, alligevel i Hovedsagen fik Organismerne ordnede i Grupper, der efter en moderne Opfattelse er Udtryk for et virkeligt — nærmere eller fjærnere — Slægtskab i udviklingshistorisk Betydning, og at hans System derfor af senere Forskere ogsaa kunde benyttes ved Udformningen af Dyrenes (i hvert Fald Hvirveldyrenes) og Planternes formodede Stamtræ.

Der laa da i denne ydre Lighed, der jo særlig angik Forplantningsorganerne, og endnu mere i Overensstemmelserne i de indre Bygningsforhold, som LINNÉ og hans Samtid ikke kendte meget til, noget langt væsentligere til Grund, end man da kunde formode. Men forøvrigt antog allerede LINNÉ's samtidige, BUFFON

(1707—1788) og Erasmus Darwin (1731—1802), Charles Darwin's Bedstefader, et virkeligt Slægtskab mellem forskellige Arter, og Lamarck (se S. 79) var i 1809 endog kommen saa vidt, at han betragtede Slægtskabet mellem alle Dyr og Planter og en heraf følgende Afstamning af de højere fra de lavere Former ikke blot som en Hypotese, men som en Kendsgerning. At Lamarck's Tanker dog ikke slog igennem, før de blev genoptagne, yderligere begrundede og i Særdeleshed forklarede paa en delvis anden Maade af Charles Darwin (1859), ligger sandsynligvis dels deri, at Tiden da var bleven mere moden for dem, og dels i, at man fandt Darwin's Forklaring gennem det under Kampen for Tilværelsen stedfindende naturlige Udvalg af Former, der varierede i en under de herskende Livskaar gunstig Retning, mere plausibel end Lamarck's Hypoteser desangaaende, som forøvrigt senere fra mange Sider er bleven foretrukne for Darwin's.

Idet vi S. 77—83 har gjort Rede for de Grunde, hvorpaa man baserer den almindelige Antagelse af en Udvikling og et Slægtskab indenfor Dyre- og Planteverdenen, skal vi her blot tilføje, hvorledes Lamarck, Darwin o. a. mente, at denne var gaaet for sig.

Lamarck's Udviklingslære omfatter tre forskellige Aarsager: 1) at de Egenskaber, Individerne erhverver sig under deres Liv, og navnlig ved Brug eller Ikke-Brug af deres Organer — af hvilke den første fremmer, den sidste svækker Udformningen af disse — er arvelige eller overføres paa deres Afkom; 2) at forandrede Livskaar (i Henseende til Klima, Ernæring o. s. v.) foraarsager Ændringer i Individernes Udvikling, der fremtræder som nyttige Tilpasninger, som ligeledes er arvelige; og 3) at Organismerne i Kraft af en indre Følelse, et Behov, og altsaa noget rent psykisk, er i Stand til at udvikle sig i hensigtsmæssig Retning, endog saaledes, at der hos dem kan opstaa helt nye Organer og nye Behov, og de da kan blive i Stand til at udnytte de ændrede Livskaar paa den for dem bedst mulige Maade. For de to første af disse Antagelser havde han Iagttagelser at støtte sig til, der nok kunde tolkes paa denne Maade, men den tredje, som han selv lagde mest Vægt paa, var af rent spekulativ Natur og uden nogen videnskabelig Værdi.

Darwin's Udviklingslære var ogsaa flersidig og omfattede bl. a. de to første Punkter i Lamarck's Teori. Men han fremhævede saa tillige to andre Aarsager til nye Formers Opstaaen, nemlig 5) en

af ukendte indre Aarsager pludseligt optrædende stødvis eller springende Variation (det, som senere først KORSCHINSKY og derefter DE VRIES har kaldt Mutation), der straks viste konstante arvelige Egenskaber; og 6) alle Organismers Tilbøjelighed til at give Afkom, som varierede med Hensyn til forskellige Egenskaber indenfor snævrere Grænser (men her i større eller mindre Grad) fra Forældrene og saaledes, at ogsaa disse (individuelle, svingende eller fluktuerende) Variationer var i større eller mindre Grad arvelige; ved et naturligt Udvalg skulde da de Individer, der varierede i en for de herskende Livskaar gunstig Retning, under den almindelige Kamp for Tilværelsen blive de foretrukne, de overlevende, der fortrinsvis fik Lejlighed til at forplante Arten og derved bestandig føre denne frem mod højere og højere Organisationstrin. Det var denne sidste Forklaring, som DARWIN tillagde den største Betydning, og denne hans Selektionsteori eller Darwinismen i egentlig (snævrere) Forstand var det, som straks skaffede hans Udviklingsteori eller det, man almindelig forstaar ved Darwinismen i videre Forstand, saavel de mest glødende Tilhængere som de heftigste Modstandere. Vi skal derfor kort omtale, hvorpaa han begrunder denne sin Teori, ligesom vi senere igen vil komme tilbage til Lamarckismen og Mutationslæren.

Det er jo en almindelig bekendt Sag, at Afkommet af Planter, Dyr eller Mennesker som oftest ikke ganske ligner Forældrene, og at Sødskende, selv om de tilhører samme Kuld, dog viser indbyrdes Forskelligheder i Henseende til Form, Farve, Størrelse o. s. v. Dette er os særligt paafaldende indenfor de Arter og Racer, vi kender bedst, vore Kulturplanter, vore Husdyr og os selv, Menneskene. Og da den Slags Forskelligheder indtræder under ganske ensartede ydre Kaar, f. Eks. hos de Planter, der vokser frem af Frøene fra samme Frugt, og Variationerne er retningsløse og ubestemte, kan aabenbart ingen af de LAMARCK'ske Forklaringer give fyldestgørende Svar paa Aarsagerne til dem. Og senere har man forøvrigt heller ikke været i Stand til at paavise Grunden til denne Variabilitet, som man kalder Fænomenet, hvorfor man maa nøjes med at tage den som en Kendsgerning uden Forklaring, som DARWIN ogsaa gjorde. Men han havde nu lagt Mærke til, at de praktiske Opdrættere af Husdyr og Kulturplanter benyttede sig af denne Variationsevne ved at udvælge til fortsat Avl saadanne Individer, der tilfældigt varierede

i en af dem skattet Retning. Og ved af disses Afkom igen at udvælge Individer, der varierede i samme Retning, mente man lidt efter lidt at kunne frembringe Former, hos hvilke de enkelte smaa arvelige Variationer i hver Generation var ophobede til tydeligt fremtrædende nye Karakterer, saa der paa den Maade ved fortsat kunstigt Udvalg var bleven dannet en helt ny Race eller Varietet.

Saaledes kunde da ogsaa Artsdannelsen tænkes at foregaa gennem smaa gradvise Variationer, der var arvelige, og som fæstnedes gennem et bevidst Udvalg fra Opdrætterens Side, og DARWIN var ikke i Tvivl om, at det var paa denne Maade, vore talrige Racer af Husdyr og Kulturplanter havde udviklet sig fra vilde Stamformer, efter at han omhyggeligt havde studeret hele denne Sag, saavel ved Selvsyn som ved udførlig Korrespondance med Opdrættere. Men Spørgsmaalet for ham var nu, om de samme eller lignende Faktorer kunde være de virkende ved Artsdannelsen i Naturen — som han ad andre Veje var naaet til at antage maatte gaa for sig (se S. 80—83) — og her var det da, han (i 1838) blev hjulpet over et dødt Punkt i sin Forstaaelse ved Læsningen af en Bog af Nationaløkonomen MALTHUS (»Essay on the Principle of Population«), hvis Indhold vi tidligere kort har omtalt (S. 301), og hvorfra DARWIN hentede Ideen om, at Kampen for Tilværelsen spillede samme Rolle for Udvalget af de Individer i Naturen, der varierede i en for de herskende Livskaar gunstig Retning (naturlig Udvælgelse), som Menneskets bevidste eller kunstige Udvælgelse blandt Husdyr og Kulturplanter. Ti de Former, der paa Grund af en eller anden Mangel i Legemsbygning, i Modstandskraft mod klimatiske Faktorer, mod Sygdomme o. l. eller i Intelligens o. s. v. stod tilbage for andre, vilde da ganske naturligt gaa til Grunde i Konkurrencen med disse om Næring, Plads og andre nødvendige Livsgoder, ligesom selve Parringskampene (se S. 301—303) ogsaa vilde begunstige Forplantningen af de Individer, der viste sig at være de stærkeste.

Der gik jo som bekendt endnu 21 Aar, inden DARWIN i sin Bog »Arternes Oprindelse« (1859) offentliggjorde denne sin Selektionsteori, men da kunde han saa ogsaa underbygge den med en saadan Fylde af Iagttagelser, der syntes at bevise dens Rigtighed, at det som sagt blev den, der i saa høj Grad bidrog til, at den af LAMARCK fremsatte Udviklingstanke brød saa afgørende igennem og efterhaanden erobrede hele den tænkende Menneskehed.

Begejstrede Tilhængere af Selektionsteorien som WALLACE, HUXLEY, HÄCKEL, WEISMANN o. m. fl. søgte i de følgende Aar at uddybe og nærmere at begrunde denne, og navnlig DARWINS Fætter, FRANCIS GALTON, gav den et Supplement, som i lang Tid syntes at skulle give den et urokkeligt Fundament, idet han nærmere undersøgte Lovene for de individuelle Variationer

Den belgiske Anthropolog og Statistiker QUETELET havde i Begyndelsen af Halvfjerdserne i forrige Aarhundrede paavist, hvordan Individer indenfor bestemte Klasser af Mennesker, f. Eks. Soldater, med Hensyn til en eller anden Egenskab (Højde, Brystomfang o. l.) varierede omkring en Gennemsnitstype paa ganske regelmæssig Maade, saaledes at de ordnede sig symmetrisk (efter Binomialformlen eller Tilfældighedskurven) omkring denne. 1000 Soldater, ordnede efter Højden (udtrykt i engelske Tommer) fordelte sig f. Eks. i følgende Grupper:

Højde	60" og derunder	61"	62"	63"	64"	65"	66"	**67"**	68"	69"	70"	71"	72"	73"	74"	75" og derover
Antal	2	2	20	48	75	117	134	**157**	140	121	80	57	26	13	5	3

Og lignende Talforhold fandt man derefter gældende som en almindelig Regel for Variationer med Hensyn til Organismernes forskellige Egenskaber, f. Eks. hvis man ordnede et Parti Frø efter de enkelte Frøs Vægt eller Omfang, Rødspætter efter Gatfinnestraalernes Antal, Blomsterstande af Kurvblomstrede efter Randkronernes Antal o. s. v. GALTON fandt nu, at det samme var Tilfældet med Afkommet af en Organisme eller et Organismepar. Ti ogsaa her var der altid Variationer mellem de enkelte Individer, der med Hensyn til hver enkelt Egenskab snart betegnede et Plus, snart et Minus i Forhold til den Grad, i hvilken denne var udtalt hos den Gennemsnitstype, der mest lignede Forældrene. GALTON tog sig derefter paa at undersøge, hvorledes det i de følgende Generationer videre gik med Afkommet af saadanne Plus- og Minusvarianter, af hvilke et Udvalg efter den af DARWIN hævdede Opfattelse skulde kunne faa en Forskydning af Typen i den ene eller den anden Retning til Følge. Dette mente GALTON ogsaa var Tilfældet, men han opdagede dog samtidig, at der blandt Afkommet af en Variant altid var en Tilbøjelighed til at falde noget tilbage henimod den oprindelige Type, saa at et stadig fortsat Udvalg

maatte antages at være nødvendigt til Opretholdelse og videre Udvikling af de nye Karakterer. Denne Regel, som man har kaldt GALTONS Tilbageslagslov, vil bedst forstaaes ved at tage et bestemt Eksempel.

GALTON havde undersøgt Højdeforholdene i forskellige engelske Befolkningslag og fundet ganske samme Fordeling omkring en Gennemsnitshøjde som QUETELET. Og hvis han nu undersøgte Afkommet af Grupper af Forældrepar, ordnede efter deres Højder, saa fandt han f. Eks. for en Gruppe, hvis Forældres Middelhøjde var 67,5 Tommer, at deres Børn fordelte sig paa følgende Højdeklasser:

Højde	62,2"	63,2"	64,2"	65,2"	66,2"	67,2"	68,2"	69,2"	70,2"	71,2"	72,2"
Antal.....	3	5	14	15	36	38	28	38	19	11	4

hvoraf ses, at de enkelte Pars Børn varierer ret stærkt fra Gennemsnitshøjden. Men maalte han derefter Gennemsnitshøjderne af Børn fra Grupper af Forældrepar med forskellige Gennemsnitshøjder, fandt han, at Gennemsnitshøjden i engelske Tommer var hos

Forældrene ..	64,5	65,5	66,5	67,5	**68,5**	69,5	70,5	71,5	72,5
Børnene.....	65,8	66,7	67,2	67,6	**68,2**	68,9	69,5	69,9	72,2

eller det viste sig, at de smaa Forældrepar fik Børn, der gennemsnitligt blev noget større end de selv, og de store Forældrepar omvendt fik Børn, som blev noget mindre end de selv, skønt Afvigelserne dog i alle Tilfælde kun var smaa. Medens saaledes de Forældre, der afveg fra Gennemsnitshøjden (68,5 Tommer), fik Afkom, der afveg i samme Retning (enten som Plus- eller Minusvarianter), var Afvigelsen altid mindre for Afkommets Vedkommende, eller dette viste en Tilbøjelighed til at slaa tilbage mod Gennemsnitshøjden. Og da han og andre fandt samme Regel gældende for en Række andre Dyr og Planter, som blev undersøgte i saa Henseende, mente man heri at se en almengyldig Lov, som havde den største Interesse baade for det praktiske Forædlingsarbejde og til Forklaring af Artsdannelsen i Na-

turen, hvor altsaa Kampen for Tilværelsen besørgede det Udvalg, der var nødvendigt for en varig Ændring af Typen.

Det væsentligste i DARWIN's Forklaring af Artsdannelsen syntes saaledes at have fundet den smukkeste Bekræftelse, og kunde de smaa svingende Variationer fæstnes ved Arv og efterhaanden ophobes paa den anførte Maade, var det naturligt at antage — som alle Erfaringer forøvrigt ogsaa bestyrkede — at de større, stødvise Variationer, der jo ogsaa kunde blive Genstand for Selektion, vilde forholde sig paa samme Maade. Paa de sidste synes DARWIN dog ikke at have lagt større Vægt, da han mente, de var for sjældne til at komme til at spille nogen almindelig Rolle for Artsdannelsen.

Frembaarne af saa ansete Forskere som f. Eks. de S. 595 nævnte og behandlede i et Utal af populær-videnskabelige Skrifter, ofte i et glimrende Sprog og i glødende Begejstring for de nye Vuer, Udviklingslæren aabnede, banede DARWIN's Tanker sig Vej ud i de videste Kredse af Lærd og Læg. Men medens Modstanden mod selve Udviklingstanken efterhaanden forstummede, manglede det ikke paa Røster, der enten ansaa Selektionsteorien for utilstrækkelig eller i det hele taget for uskikket til at forklare Artsdannelsen i Naturen, og dertil er der saa kommen en stedse stigende Tvivl om, hvorvidt der overhovedet ved Udvalg af de individuelle Variationer sker nogensomhelst varig Ændring af Typerne, for hvilket man hidtil har savnet ganske sikre Beviser. Hvorledes dette hænger sammen kommer vi senere tilbage til igen (se S. 612—14).

Imidlertid regnede DARWIN jo ogsaa med en anden artsdannende Faktor, idet han anerkendte LAMARCK's Teori om de under Indflydelse af ændrede Livskaar eller ved Brug og Ikke-Brug af Organer og Evner erhvervede Egenskabers Arvelighed, om han end heller ikke tillagde den nogen større Betydning. Men denne Teori, Lamarckismen, har om muligt vakt en endnu livligere Diskussion end Selektionsteorien og maa bestandig siges at være et af de mest omstridte Spørgsmaal indenfor Arvelighedslæren. Medens nogle af DARWIN's iøvrigt nærmeste Meningsfæller, som WALLACE, GALTON og især WEISMANN, pure afviste denne Lære og kun anerkendte de medfødte Egenskabers Arvelighed, var der andre som SPENCER, OSCAR HERTVIG, COPE, WARMING og v. WETTSTEIN, der tværtimod i de under Individets Liv erhvervede Egenskabers Arvelighed saa den væsentligste Ud-

viklingsfaktor og derfor er blevne kaldte eller har kaldt sig selv for Lamarckister (henholdsvis Ny-Lamarckister, for saa vidt de ikke ogsaa godkendte LAMARCK's teleologiske Forklaring, se S. 592) i Modsætning til Selektionisterne eller Darwinisterne i snævrere Forstand.

Man har saa ofte ment direkte at kunne bevise de erhvervede Egenskabers Arvelighed, men som vi skal se i næste Afsnit, er dette et langt vanskeligere Spørgsmaal, end man tidligere har forstaaet, saa de fleste af de saakaldte »Beviser« i Virkeligheden ikke kan staa for Kritik.

Den moderne, eksperimentelle Arvelighedsforskning og dens Resultater.

Mutationer. I November 1900 begyndte der at udkomme et stort anlagt Værk af den hollandske Botaniker HUGO DE VRIES: »Die Mutationstheorie, Versuche und Beobachtungen über die Entstehung von Arten im Pflanzenreich«, der i Foraaret 1903 forelaa færdigt i to tykke Bind. Det vakte en Opmærksomhed, der vel ikke kan sidestilles med den, DARWIN's berømte Værk om »Arternes Oprindelse« vakte i 1859, men det tør maaske siges, at ingen Bog om dette Æmne i den mellemliggende Tid har bragt saa mange originale Tanker eller virket saa revolutionerende i Opfattelse af Udviklings- og Arvelighedsproblemerne som denne, selv om baade DE VRIES og andre lejlighedsvis i de nærmest forudgaaende Aar havde udtalt sig i lignende Retning.

Hovedtanken i DE VRIES' Værk vil vi bedst kunne forklare ved at anføre de Ord, han selv skriver i Indledningen til det: »Som Mutationsteori betegner jeg den Sætning, at Organismernes Egenskaber er byggede op af indbyrdes strængt forskellige Enheder. Disse Enheder kan være forbundne i Grupper, og hos beslægtede Arter kan man genfinde de samme Enheder og Grupper. Saadanne Overgange, som findes i saa stort et Tal mellem de ydre Former hos Planter og Dyr, findes lige saa lidt mellem disse Enheder som mellem Kemiens Molekuler« . . . . »Anvendt paa Afstamningslæren fører dette Princip til Overbevisningen om, at Arterne ikke flyder jævnt over i, men at de trinvis (springvis) er fremgaaede af hinanden. Hver ny Enhed, der kommer til de ældre, danner et Trin (Spring) og adskiller den nye Form som selvstændig Art skarpt og fuldstændigt fra den Art, af hvilken den

er fremgaaet. Den nye Art er der saaledes paa én Gang; den opstaar af de tidligere uden synlig Forberedelse, uden Overgange«.

Denne Forklaring paa Artsdannelsen var vel ikke helt ny, men, som DE VRIES ogsaa selv bemærker, er hans Mutationer ganske de samme, som DARWIN forstod ved stødvise Variationer (*»single variativns«*). Men hans Opfattelse er for saa vidt bundforskellig fra DARWIN's, som han ikke vil indrømme, at den individuelle Variation, selv ved Hjælp af det omhyggeligste Udvalg, kan føre til en virkelig Overskriden af Artsgrænserne og endnu mindre til Fremkomsten af nye konstante Karakterer, hvilket kun naaes gennem Mutation. Og første Afsnit af Værket omhandler saa en Revision af de Kendsgerninger, der danner Grundlaget for den indtil da herskende Selektionsteori, hvorefter han leverer Beviser, vundne gennem Eksperimenter, for Fremkomsten af virkelig nye Arter ved Mutation, for i andet Bind at give en udførlig Fremstilling af Bastardlæren og her bl. a. fremdrage de indtil da ganske oversete Undersøgelser af MENDEL (fra 1865 og 1869), som senere er kommen til at danne et af de vigtigste Fundamenter i Arvelighedslæren.

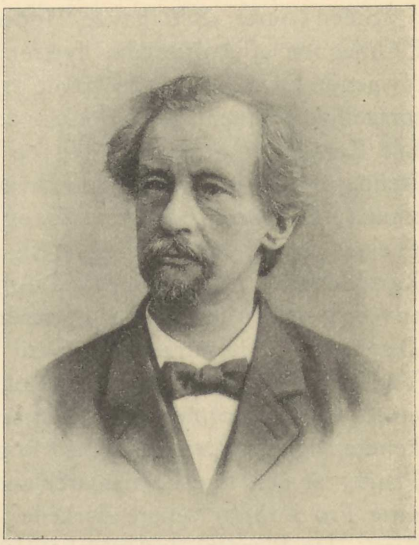


Fig. 165. HUGO DE VRIES, f. 16. Februar 1848. Professor i Botanik ved Universitetet i Amsterdam. Havde, før hans »Mutationstheorie« udkom, et berømt Navn for de grundlæggende plantefysiologiske Undersøgelser, han i Firserne havde anstillet over de osmotiske Forhold i Plantecellen (se S. 202).

Her kan naturligvis slet ikke blive Tale om at gøre nærmere Rede for Indholdet af DE VRIES' store Værk, der maaske har haft endnu større Betydning ved sin Kritik og Revision af det foreliggende Materiale, paa hvilket man hidtil havde bygget Afstamnings- og Arvelighedsteorier, og derigennem som en kraftig Vækker og Ansporer til nye og mere omhyggelige Undersøgelser, end ved det positivt nye, det bragte. Men sikkert er det, at der med dette

blev indledet en ny Æra i Arvelighedsforskningen, og at det rager frem som en høj Milepæl paa den Vej, ad hvilken Videnskaben søger at løse nogle af de Problemer, der interesserer den hele Menneskehed i allerhøjeste Grad. Den Opmærksomhed, det straks vakte, skylder det dog i første Række den Redegørelse, DE VRIES heri gav for de mærkelige nye Former af Slægten Natlys *(Oenothera)*, som var opstaaede under hans Øjne af Arten *Oenothera Lamarckiana*, ved hvad han kaldte Mutation.

Siden Aaret 1886 havde HUGO DE VRIES under Ekskursioner i Omegnen af Amsterdam ligefrem gaaet paa Opdagelse efter nye afvigende Former, og han havde taget over Hundrede af saadanne forskellige Planter i Kultur uden dog at finde nye konstante arvelige Karakterer hos mere end en enkelt af de undersøgte Arter. Denne var en Natlys, der mærkværdigt nok var opkaldt efter LAMARCK, *Oenothera Lamarckiana*, og som hører hjemme i Amerika (Teksas), men havde forvildet sig fra en Have ud paa en forladt Kartoffelmark i Hilversum ved Amsterdam, hvor den siden 1875 trivedes meget frodigt og optraadte i et stort Antal Eksemplarer. Disse viste i fremtrædende Grad alle mulige Slags individuelle Variationer, men i 1887 fandt DE VRIES desuden nogle faa Eksemplarer af 2 Former med helt nye Karakterer, der hidtil ikke var kendte, og som han tilligemed nogle i Efteraaret 1886 hjembragte Planter af den typiske Lamarckiana-Natlys (der som toaarig først satte Frø i 1887) senere dyrkede i den botaniske Have i Amsterdam. De Planter, der fremkom af Frøene af de to nye Former, som han kaldte *Oenothera brevistylis* og *O. lævifolia*, viste i første og i de senere Generationer konstant samme Karakterer som Moderplanterne, naar de bestøvedes med deres eget Støv og holdtes i Renkultur. Men de indplantede Lamarckiana-Eksemplarer, som han behandlede paa samme Maade, viste dertil følgende højst mærkværdige Forhold. Af de Frø, som han høstede og saaede i 1887, fremkom der 15000 Planter, hvoraf Størstedelen var normale, men 10 afvigende Former, hørende til to igen helt nye Arter, forskellige fra dem, han havde fundet ude paa Marken, og som han nu kaldte henholdsvis *O. lata* (en meget bredbladet Form) og *O. nanella* (en dværgagtig Form). Af disse havde den første kun hunlige Blomster og kunde saaledes ikke forplantes videre undtagen ved Krydsning med andre Arter, men den anden, der blev befrugtet med sit eget Støv, gav herefter fuldkommen konstant Afkom. Han fortsatte nu i de følgende Aar med Udsæd

af Frø fra sine Lamarckiana-Planter, stadig avlede ved kunstig Selvbefrugtning, og fandt da blandt disses Afkom foruden de to ovenfor nævnte endnu 5 andre helt nye Arter, der med Undtagelse af en enkelt senere viste sig at være konstante. Naar og i hvilket Antal de enkelte Former viste sig, vil være bedst overskueligt, naar de stilles sammen som i nedenstaaende Tabel, hvor hver Generation kun er Efterkommere af Lamarckiana-Individer fra den foregaaende Generation:

Generation og Aarstal	Antal af fundne *Oenothera*-Former							
	Lamarckiana	Bredbladet, *lata*	Dværg-, *nanella*	Rødnervet, *rubrinervis*	Aflang, *oblonga*	Kæmpe, *gigas*	Bleg, *albida*	Glitrende, *scintillans*
I. (1886—87) ...	(9)							
II. 1888—89	15000	5	5	»	»	»	»	»
III. 1890—91	10000	3	3	1	»	»	»	»
IV. 1895	14000	73	60	8	176	1	15	1
V. 1896	8000	142	49	20	135	»	25	6
VI. 1897	1800	5	9	3	29	»	11	1
VII. 1898	3000	»	11	»	9	»	»	»
VIII. 1899	1700	1	21	»	1	»	5	»
Ialt	53500	229	158	32	350	1	56	8

Det ses heraf, at det er ikke saa ganske ringe Antal, i hvilke nogle af disse nye Former er optraadte, naar det tages i Betragtning, at de alle var Efterkommere af de 9 oprindelige Lamarckiana-Stamplanter, og det igen kun er en forholdsvis ringe Del af de senere Generationers Frø, der er bleven udsaaet. Men forøvrigt fandt DE VRIES endnu 7 andre helt nye Arter (af hvilke to netop blev omtalte, S. 600), ialt saaledes 14, idet bl. a. nogle af de først fremkomne viste sig i Stand til yderligere Mutation, under hvilken der undertiden ogsaa kunde finde en Fraspaltning af den oprindelige Lamarckiana-Form Sted. Forskellighederne mellem de nye Arter og Stamformen kunde være meget iøjnefaldende og angaa saavel Planternes hele Habitus (saaledes som det tydeligt kan ses paa Fig. 166—68 S. 602) som de enkelte Organers Form, Størrelse og Farve. Men nogen nærmere Beskrivelse af dem skal forøvrigt ikke gives her.

Hos en Mængde andre Planter, som DE VRIES indsamlede og



Fig. 166. Lamarcks Natlys, *Oenothera Lamarckiana.*



Fig. 167. Kæmpe-Natlys, *Oenothera gigas.*



Fig. 168. Rødnervet Natlys, *Oenothera rubrinervis.*

dyrkede paa samme Maade, viste der sig ingen Mutationer. Men, som før nævnt, kendte man forud for DE VRIES' Forsøg flere Tilfælde af pludseligt optrædende nye Arter, der antageligt ogsaa skyldtes Mutation, uden at man dog sikkert kunde kontrollere deres Oprindelse. Senere har imidlertid den svenske Botaniker BENGT LIDFORSS fundet Mutationer hos Slægten *Rubus*, der i meget minder om Natlys-Mutationerne. Hvad der derfor var af særlig Interesse i DE VRIES' Forsøg, var, at her var enhver Tvivl om Oprindelsen udelukket, fordi Mutationerne havde fundet Sted under den strængeste videnskabelige Kontrol, i Renkulturer, efter Selvbestøvning og for Øjnene af Iagttageren. DE VRIES bemærker dog udtrykkeligt, at de samme Mutationer ogsaa samtidig fandt Sted i Marken ude ved Hilversum, men her gik de fleste af de nye Former hurtigt til Grunde igen, fordi de ikke kunde klare sig i Konkurrencen med de gamle. Det var altsaa ikke altid ved Karakterer, der viste sig særligt nyttige, eller som betegnede et Fremskridt i Udvikling, at de nye Arter udmærkede sig. Mutationerne var ligesom ganske tilfældige og retningsløse og kunde i Almindelighed ikke betragtes som nyttige Tilpasninger til ændrede Livskaar. Men medens de fleste andre kendte Mutationer er karakteristiske ved Tabet af en eller anden af Forældrenes Egenskaber, er der i dette Tilfælde utvivlsomt kommen en eller flere nye Egenskaber til, saa der ogsaa foreligger Betingelser for en virkelig fremadskridende Udvikling ad denne Vej (progressiv Mutation).

Om Aarsagerne til slige Mutationer hersker der endnu stor Uklarhed, og der har i de seneste Aar været ført den livligste Diskussion derom, støttet paa en Række nye Iagttagelser og Forsøg. DE VRIES selv gav følgende mulige Forklaring paa Mutationerne i hans Natlys-Planter. *Oenothera Lamarckiana* kunde ikke betragtes som en vildtvoksende, men kun en fra en Have forvildet Art paa Marken ved Hilversum, hvor den tilfældig havde fundet saa overordenlig gunstige Voksekaar. Og saadanne gav han jo ogsaa sine Planter under Dyrkningen i den botaniske Have i Amsterdam. Det er nu en almindelig bekendt Ting, at naar vildtvoksende Planter tages i Kultur, eller dyrkede Planter forvilder sig under særlige gunstige Livskaar, viser de stor individuel Variabilitet og Tilbøjelighed til Varietetsdannelse. Planterne er da ligesom ude af deres normale Ligevægtstilstand, og denne kan undertiden forstyrres i den Grad, at der indtræder de endnu

langt videre gaaende Forstyrrelser, der betegnes ved Mutationer. Enhver Plante kan tænkes under sin fylogenetiske Udvikling at komme i saadanne Mutationsperioder, hvor Artsdannelsen foregaar. Og i en saadan skulde DE VRIES da tilfældigt have truffet *Oenothera Lamarckiana*, som forøvrigt samtidig har vist den samme Tilbøjelighed til Mutation paa andre Voksesteder (i Frankrig, i Amerika), hvor DE VRIES' Forsøg er blevne gentagne, og hans Resultater bekræftede.

Men det laa jo saa nær at efterspore Mutationsaarsagerne nærmere og navnlig undersøge, om det ogsaa var muligt at fremkalde Mutation ved kunsige Indgreb. Dette mener Franskmanden LOUIS BLARINGHEM at have opnaaet ved Beskadigelser (Saaring) af Majs og Svenskeren BENGT LIDFORSS ved lignende Behandling af en *Rubus*-Art, der har ført til Dannelsen af nye Former med arvelige Egenskaber. Amerikaneren MAC DOUGAL er kommen til samme Resultat ved Indsprøjtning af Saltopløsninger og Gifte i Frugtknuden af forskellige Planter, og endelig har den amerikanske Zoolog W. TOWER gentagne Gange faaet dannet to helt nye Arter af Koloradobillen *(Leptinotarsa decemlineata)* ved at holde Dyrene og lade dem parre sig ved høj Temperatur (35°), i meget tør Luft og ved lavt Lufttryk, saaledes f. Eks., at af 98 Biller (Afkommet af 4 Par) tilhørte henholdsvis 82 og 2 to forskellige nye Mutanter og kun 14 den oprindelige Billeart. Disse Forsøg lærer da, at voldsomme Indgreb i Organismernes Konstitution eller en pludselig Forandring i Livskaarene undertiden kan bringe Planter og Dyr saadan ud af Ligevægt, at de giver sig til at mutere, uden at der ellers er Tale om Nedarvning af Egenskaber, som Forældreindividerne har erhvervet sig under deres Livsløb. Man tænker sig da her nærmest, at Mutationerne fremkaldes ved Indvirkning paa selve Kønscellerne.

Siden DE VRIES offentliggjorde sine Undersøgelser om Natlys, er der fremkommen Meddelelser om Fundet af et stort Antal af Mutationer hos forskellige Dyr og Planter. Men mange af disse er dog højst usikre, og fælles for dem alle med Undtagelse af Natlys- og Rubus-Mutationerne er, at de er karakteriserede enten ved Tabet af Egenskaber, som Forældrene havde, eller derved, at de nye Egenskaber kan henføres til Forekomsten af, hvad man kalder en enkelt ny Arveenhed (Anlæg, Gen, se herom S. 610 og 617), saa Forandringerne maa betegnes som mindre væsentlige og lidet egnede

til at forklare en progressiv Artsdannelse. Og da DE VRIES' mærkelige Opdagelse saaledes endnu staar som et ret isoleret og antageligt sjældent forekommende Fænomen, er man i de sidste Aar igen kommen bort fra i Mutationsteorien at se den Forklaring paa Artsdannelsen i Naturen, som kunde erstatte, hvad man har mistet i DARWIN's Selektionsteori.

Bastarder. De MENDEL'ske Love. Til DE VRIES' store Fortjenester hører endvidere det indgaaende Studium, han har ofret Bastarderingslæren, hvorom hele andet Bind af hans store Værk handler, og at han som en af de første har gjort denne vigtige Side af Arvelighedsforskningen til Genstand for eksakt videnskabelig Behandling. Dette var nemlig ikke muligt, saa længe man ansaa selve de Arter, Underarter og Varieteter, som krydsedes, for de Enheder, som man søgte at kombinere i Bastarden. Der maatte her en langt videregaaende Analyse af disse systematiske Enheders enkelte arvelige Egenskaber eller de til Grund for disse liggende Anlæg til, for at skaffe sig en Forstaaelse af, hvorledes der kunde fremkomme forskellige Slags Bastarder af samme Forældrepar. Man maatte med andre Ord holde disses enkelte Egenskaber nøje ude fra hinanden for at finde Lovene for, hvorledes de vilde kunne genfindes hos Afkommet.

Dette var imidlertid allerede forlængst sket i Forsøg, som var anstillede af den østerrigske Abbed GREGOR MENDEL i Brünn, der i Aarene 1865 og 1869 offentliggjorde Resultaterne heraf i to smaa Afhandlinger om Bastarder (Hybrider) af forskellige Planter (Ærte- og Bønneformer og Arter af Slægten Høgeurt, *Hieracium*). Men disse Forsøg var enten slet ikke blevne paaagtede eller ogsaa var de helt gaaede i Glemmebogen, indtil de blev dragne frem omtrent samtidig (i Begyndelsen af Aaret 1900) og uafhængigt af hinanden af DE VRIES, Tyskeren CORRENS, Østerrigeren TSCHERMAK og Amerikaneren WEBBER, der først ret forstod deres store Betydning og kunde bekræfte Rigtigheden af deres Resultater.

Før vi gaar over til en Omtale af de MENDEL'ske Forsøg, maa der forudskikkes et Par Bemærkninger om Bastarder i Almindelighed. Herved forstaas jo Afkommet af forskelligartede Forældre, hørende til forskellige Racer, Varieteter, Arter eller Slægter. Jo fjernere Forældrenes indbyrdes Slægtskab er, des vanskeligere og sjældnere er de i Stand til at befrugte hinanden. Bastarderne efter fjerntstaaende Forældre er da ogsaa ofte golde, som Muldyr (af Hest og Æsel), Bastarder af Rug og Hvede m. fl.; og hvor

Forplantningsdygtigheden er bevaret, er i saa Tilfælde det vegetative ofte fremherskende paa det generatives Bekostning. I Bastarden blandes ofte Faderens og Moderens Egenskaber paa en nogenlunde ligelig Maade, saaledes som det er velkendt fra Mulatter, Mulæsler, Muldyr o. s. v., men lige saa ofte ligner Afkommet (i første Generation) ganske afgjort den ene af Forældrene, eller disses forskellige Egenskaber kan være kombinerede paa saa mange forskellige Maader, at man tidligere mente slet ikke at

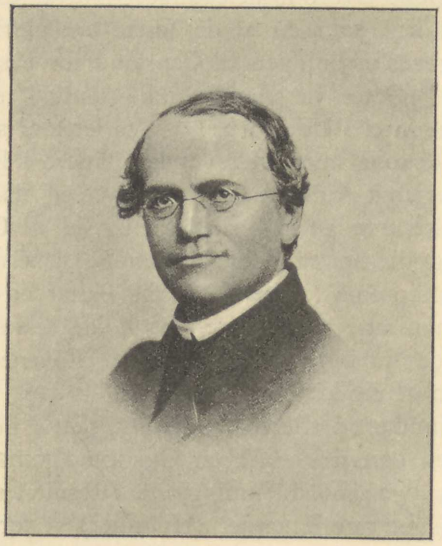


Fig. 169. GREGOR MENDEL, 1822—1884. Augustinermunk ved Königsklostret i Brünn, som hvis Abbed han blev valgt i 1868. Havde paa Klostrets Bekostning studeret Matematik og Naturvidenskaber ved Universitetet i Wien fra 1851 til 1853 og virkede senere som Lærer i disse Fag ved Overrealskolen i Brünn. Ved Siden af botaniske drev han særlig meteorologiske Studier og Grundvandsundersøgelser. Ovenstaaende Portræt stammer fra Aaret 1862.

kunne finde nogen Regel herfor, og at der da heller ikke herskede nogen saadan. Den indbyrdes Ensartethed, der er almindelig hos Afkommet af første Generation, afløses af Uensartethed i anden og de følgende Generationer.

Heri bragte imidlertid MENDEL og hans Efterfølgere en overraskende Klarhed, og vi skal nu ganske kort gøre Rede for nogle af MENDEL's Forsøg og de Love, han udledede heraf.

Han anvendte først forskellige rendyrkede Ærtesorter, der har

den Egenskab at være frugtbare saavel ved Krydsning som ved Selvbestøvning, og han noterede sig da omhyggeligt, i hvilke Karakterer de afveg indbyrdes, nemlig med Hensyn til 1) Formen af det modne Frø (rund eller kantet), 2) Kimens Farve (gul eller grøn), 3) Frøskallens Farve (hvid, graa, brun o. s. v.), 4) Bælgens Form (simpelt hvælvet eller indsnøret mellem Frøene), 5) de umodne Bælges Farve (lys- eller mørkegrøn eller gul), 6) Blomsternes Stilling i Klasen (akseformig eller samlede i Enden) og 7) Blomsterstandsaksens Længde. Og han havde nu sin Opmærksomhed henvendt paa, hvorledes 2 eller flere af disse Forskelligheder kombineredes i Afkommet i første, anden, tredie Generation o. s. v. Tog han nu f. Eks. — for at nævne det simpleste Tilfælde — en Ært med gul Kim og krydsede med en, der havde grøn Kim, blev Resultatet heraf, at alle Frøene i Bastarderne af første Generation havde gul Kim. Blev disse Frø saaede og under Blomstringen befrugtede af sig selv, viste Afkommet i denne anden Generation det mærkelige Forhold, at $^3/_4$ af Ærterne havde gul, $^1/_4$ grøn Kim. Men Afkommet af disse sidste eller tredie Generation havde nu grønne Kim i alle de Planter, der fremkom af grønkimede Ærter, medes de, der stammede fra de gulkimede, fordelte sig saaledes, at $^1/_3$ af dem gav udelukkende gulkimede Ærter, medens $^2/_3$ gav baade grøn- og gulkimede Frø i det bestemte Forhold, 1:3. Og denne Fordelingsmaade fortsattes videre i fjerde Generation saaledes, at en vis Del optraadte kontant med enten grønne eller gule Kim, medens en anden Del spaltedes i saavel grønne som gule Frø og stadig i samme Forhold, 1 : 3. Det samlede Resultat vil være lettest overskueligt, naar det sammenstilles som i nedenstaaende Tabel:

Generation										
1ste				Gul × grøn						
				Alle gule						
2den	25 % gule		+		50 % gule		+		25 % grønne	
3die	Alle gule	25 % gule		50 % gule		25 % grønne		Alle grønne		
4de	Alle gule	Alle gule	75 % gule + 25 % grønne			Alle grønne		Alle grønne		

Hovedresultatet af dette Forsøg er da, at første Bastardgeneration kun viser den ene, den saakaldte herskende, af de to sammenblandede Egenskaber (her den gule Farve), men at anden Genera-

tion viser en Spaltning i forskellige Slags Individer, blandt hvilke ogsaa den anden eller den vigende Egenskab (her den grønne Farve) viser sig hos en bestemt Del ($^1/_4$) af Individerne. Og medens en bestemt Del ($^1/_4$) af henholdsvis gule og grønkimede Ærter nu giver konstant Afkom, spaltes den resterende Halvdel fremdeles under de følgende Generationer paa samme Maade som i anden Generation i Ærter med gule og med grønne Kim.

Dette, at den vigende Egenskab (grøn Kim) ikke viser sig i første Generation, betyder altsaa ikke, at den er forsvunden, men naar den igen optræder i anden Generation som en Arv fra Bedsteforældrene (Atavisme), er den tværtimod bleven konstant. Man kan saaledes ikke slutte fra første Bastardgenerations Karakter, hvordan de følgende Generationer vil blive, men der er tværtimod størst Udsigt til i disse at faa fæstnede de (vigende) Egenskaber, der ikke viser sig i første Generation.

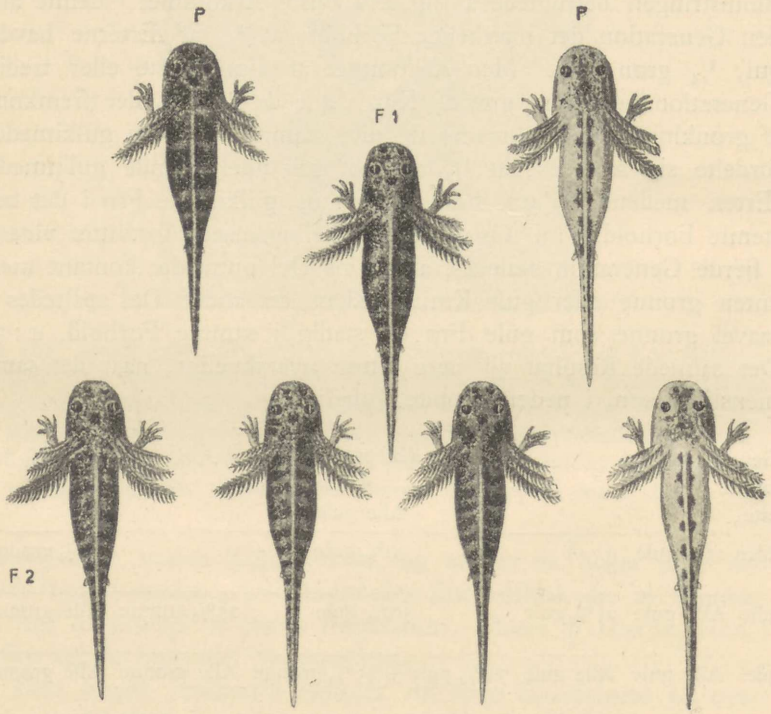


Fig. 170. Häcker's Krydsningsforsøg med en sortpigmenteret og en hvid Form af Aksolotlen (en Salamander). *P* Forældrene; F_1 Afkommet i første Generation; F_2 Afkommet i anden Generation, hvor den vigende Egenskab (hvid Farve) fremtræder hos en Fjerdedel af Dyrene.

Med en sortpigmenteret og en hvid Form af Aksolotlen (en Salamander) har den tyske Zoolog VALENTIN HÄCKER udført et Krydsningsforsøg, der gav et Resultat af ganske samme Art som det netop omtalte Forsøg af MENDEL med gul- og grønkimede Ærter. I første Generation var her den hvide Farve vigende, men den kom saa frem i anden Generation som en konstant arvelig Karakter hos en Fjerdedel af Dyrene (se Fig. 170).

Denne mærkværdige Lovmæssighed, som man har genfundet (om end undertiden efter andre Talforhold) ved Krydsninger, hvor man tog Sigte paa andre Egenskabspar, og hos en Mængde forskellige andre Plante- og Dyrearter, har man derfor kaldet den MENDEL'ske Lov, der saaledes synes at være en vidtrækkende almindelig biologisk Lov.

Tager man samtidig Sigte paa flere end to forskellige Egenskaber eller Differenspunkter, bliver de mulige Kombinationer naturligvis forøgede og i langt stærkere stigende Grad med Antallet af Differenspunkter. Og alt eftersom der er Tale om flere eller færre herskende eller vigende Egenskaber, eller et Egenskabspar (f. Eks. to Farver) blandes sammen, saa der opstaar Mellemformer af dem, kompliceres Forholdet, og der kan blive Tale om forskellige Regler, der følges. Men for alle disse Spaltningers og Kombinationers Forløb bruger man nu almindeligt Betegnelsen de MENDEL'ske Love, og man taler om »at mendle«, eller kalder hele Bastarderingslæren for »Mendelisme« — alt til Honnør for den Mand, der uden selv at ane det fandt nogle af de mest fundamentale biologiske Love. Og de Formler, MENDEL anvendte for kort at udtrykke Kombinationen af Egenskaber, idet han betegnede disse ved store Bogstaver (*A*, *B*, *C* o. s. v.), naar de var herskende, ved smaa Bogstaver (*a*, *b*, *c* o. s. v.), naar de var vigende, og som har vist sig at være saa praktiske, at man ved Hjælp af dem let kan regne sig til Resultatet af et Bastarderingsforsøg, finder ogsaa bestandig almindelig Anvendelse.

Siden disse MENDEL'ske Love blev genopdagede, bekræftede og yderligere uddybede af de ovennævnte Videnskabsmænd (S. 605), der alle har indlagt sig de største Fortjenester af Bastardforskningen, har denne taget et uanet Opsving og er bleven saadan gennemarbejdet, at den overalt er tagen i Brug i det praktiske Forædlingsarbejde og her sikkert vil kunne yde uvurderlige Tjenester, ligesom den har kastet Lys over en Mængde Arvelighedsforhold hos Menneskene, der jo altid er Bastarder i den Betydning, som den nyere

Arvelighedslære tager dette Ord. Det vil derfor være umuligt at opregne alle de Navne, der fortjente at blive nævnede i Sammenhæng hermed, men vi kan dog ikke forbigaa saadanne som Englænderne W. Bateson og hans talrige Medarbejdere, Miss Saunders, Punnet, Doncaster m. fl., samt Hurst, Gates og Wheldale, Tyskerne C. Fruwirth, V. Häcker og Erwin Baur, Amerikanerne Castle, Davenport, Morgan og Shull, Franskmændene Cuénot, Millardet og Blaringhem, Schweizeren Lang, de svenske Botanikere paa Svaløf Forædlingsanstalt, blandt hvilke særlig Nilsson-Ehle og Tedin, samt O. Rosenberg, B. Lidforss og Danskeren C. H. Ostenfeld. Lige saa lidt kan der være Tale om her at gaa nærmere ind paa den omfattende Bastarderingslære, og der skal da endnu kun tilføjes nogle Bemærkninger af mere almindelig Interesse.

Idet man ved Studiet af Bastarderingslovene har fæstet sin Opmærksomhed paa de enkelte Egenskaber eller rettere paa Anlæggene til disse (og de rent ydre Egenskaber snarest opfattes som Reaktioner mellem forskellige Anlæg eller mellem disse og Omverdenen)[1]) har man naturligvis ogsaa søgt at faa Rede paa, hvor og hvorledes disse Anlæg kombineres. Og da der er vundet større og større Sandsynlighed for, at de i Individets Liv erhvervede Egenskaber, der angaar selve Legemet (de somatiske Karakterer) ikke er arvelige, havde man alene Kønscellerne at regne med. Det er jo ogsaa indlysende, at for det hanlige Individs Vedkommende alene dets Sædceller kan komme i Betragtning her. Den ved Foreningen af to Kønsceller (Gameter) dannede udviklingsdygtige Celle kalder man en Zygote, og hvis de to Gameter medfører samme Anlæg, f. Eks. hvor der er Tale om Selvbefrugtning, eller hvor det hanlige og hunlige Individ hører til samme »rene Linje« (se S. 612), siger man, at der dannes en Homozygote eller et homozygotisk Individ, medens Foreningen af to Gameter med forskellige Anlæg, f. Eks. stammende fra forskellige Arter, Racer, Varieteter eller rene Linjer, fører til Dannel-

[1]) Der skal f. Eks. undertiden en Samvirken af 2 eller 3 Anlæg til for at frembringe 1 ny Egenskab, saaledes som Miss Saunders har vist det ved Krydsning mellem Levkøjer med henholdsvis glatte Stængler og Blade samt gule Blomster og med glatte Stængler og Blade samt hvide Blomster. Heraf fremkom der Bastarder, af hvilke nogle var haarede og nogle røde og i visse Tilfælde med begge disse nye Egenskaber hos samme Planter.

sen af en Heterozygote eller et heterozygotisk Individ. Menneskene og de allerfleste Dyr vil saaledes altid være Heterozygoter, og deres Arvelighedsforhold kan derfor ofte være meget vanskelige at udrede, navnlig hvor det tager flere Aar, før Individerne bliver kønsmodne, og man da ikke kan faa flere Generationer frem før efter en endnu længere Aarrække.

Som omtalt under Befrugtningen (se S. 556 og 570) betragter man jo som det væsentligste ved denne Foreningen og Fordelingen af de Kromosomer, hvormed hver Kønscelle eller Gamet møder. Og da vi her har at gøre med bestemte Tal af tydeligt adskilte Kromosomer, kunde man tænke sig, at der til hver af disse var knyttet et eller flere bestemte Anlæg, og at det da kom an paa Kromosomernes Fordeling under Reduktionsdelingerne, hvorledes Anlæggene blev fordelte. Herigennem vilde de MENDEL'ske Spaltningsfænomener og de Talforhold, som disse følger, blive mere umiddelbart forstaaelige og anskuelige, og flere Forskere har da ogsaa ment i Studiet af Kromosomfordelingen at skulle finde Nøglen til en Forstaaelse af de MENDEL'ske Love. Andre lægger imidlertid mindre Vægt herpaa, og mener, at de arvelige Anlægs Tilknytning til Kromosomerne ogsaa kun maa opfattes rent billedligt, idet Anlæggene næppe er af stoflig Art eller i hvert Fald ikke giver sig til Kende som en synlig Forskel mellem de forskellige Kromosomer. I alle Tilfælde er dette et Spørgsmaal, som Arvelighedsforskningen har sin Opmærksomhed skarpt rettet imod, og maaske vil en mere indgaaende Undersøgelse af Kromosomfordelingen under Bastarderinger kunne give meget vigtige og interessante Oplysninger om disses Detailler.

Et andet overordentlig vigtigt Spørgsmaal er, om der ved Bastardering kan dannes Arter med helt nye Egenskaber, og om man derfor har Lov til i den at se en Faktor af væsentlig Betydning for den progressive Artsdannelse i Naturen. At der ved Krydsning kan dannes nye og konstante Arter, er der ingen Tvivl om, men Diskussionen drejer sig nærmest om, hvorvidt disse kan tænkes at faa andre Anlæg end dem, der i Forvejen fandtes hos Forældrene — i mere end blot nye Kombinationer. Det maa vel siges, at den nye Skole af moderne, »eksakte« Arvelighedsforskere gennemgaaende er forsigtige og forbeholdne med Hensyn til at give et afgjort Svar herpaa. Men det maa dog synes naturligt og logisk at besvare Spørgsmaalet med et absolut »Ja« saavel efter de mange foreliggende Erfaringer gennem

det praktiske Forædlingsarbejde som ifølge rent teoretiske Betragtninger. Ti er det saaledes, som man nu almindeligt hævder, at de rent ydre (hvad W. JOHANNSEN har kaldt fænotypiske) Egenskaber maa opfattes som en Reaktion af de arvelige (genotypiske) Anlæg paa hinanden indbyrdes og paa Omgivelserne, saa skulde en Nykombination af saadanne genotypiske Anlæg meget vel kunne føre til Dannelsen af helt nye fænotypiske Egenskaber, paa samme Maade som den forskellige Kombination af et forholdsvis ringe Antal Grundstoffer eller Radikaler kan give Anledning til Dannelsen af en uendelig Masse kemiske Forbindelser med indbyrdes afgjort forskellige Egenskaber. Og man kunde da godt tænke sig, at alle de Anlæg, der optræder i de mest forskelligartede Kombinationer hos de højst udviklede Organismer, ogsaa havde været til Stede i disses fælles simple Stamform, f. Eks. i et encellet Væsen, men dér blot ikke havde spaltet sig ud eller indbyrdes forenet sig paa alle de Maader, som de senere kom til.

Rene Linjer. Den tredje store Milepæl paa den moderne Arvelighedsforsknings Vej betegnes ved den danske Plantefysiolog W. JOHANNSENS Opdagelse af, hvad han har kaldet rene Linjer, og om hvilken han gav sin første Meddelelse til det danske Videnskabernes Selskab i 1903. Han havde da gennem flere Aar foretaget omfattende Undersøgelser over den individuelle (svingende) Variabilitet hos forskellige Byg- og Bønneracer og forsøgt, om det var muligt gennem Udvalg af Plus- eller Minus-Varianter med Hensyn til bestemte Egenskaber at forskyde Typerne i en eller anden Retning. Da de paagældende Planter er Selvbestøvere, og han nøje fulgte det saakaldte VILMORIN'ske Princip (indført i Forædlingsarbejdet allerede omkring Midten af forrige Aarhundrede af den berømte franske Gartner og Videnskabsmand LOUIS LEVECQUE DE VILMORIN), der gaar ud paa at bedømme Individerne efter deres Afkom og derfor at holde de forskellige Individers Afkom skarpt sondrede fra hinanden, arbejdede han med usædvanlig rent Materiale, der udelukkede enhver Indflydelse fra fremmede Typer paa de enkelte Stammer.

JOHANNSEN gik til dette Arbejde ud fra Forudsætningen om, at den før (S. 596) omtalte GALTON'ske Tilbageslagslov var rigtig, og hans første Resultater syntes ogsaa fuldtud at bekræfte denne. I et Forsøg begyndte han f. Eks. med at sortere efter Størrelse og Vægt et Parti brune Prinsessebønner paa 12000 Stykker, der var indhøstede og indkøbte i Aaret 1900. De viste her den sædvanlige Variation efter Tilfældighedskurven (se S. 595) om et

Gennemsnit, der for Vægtens Vedkommende var 495 Milligram, Et Udvalg af Bønner fra forskellige Vægtklasser blev udsaaet i 1901 under saa ensartede Voksekaar som muligt og saaledes, at Afkommet fra hver Plante samledes og vejedes for sig, og Resultatet af Forsøget blev da:

De udsaaede Bønners Vægt var	De høstede Bønners Gennemsnitsvægt var
250—350 Milligr.	374 Milligr.
351—450 —	388 —
451—550 —	**401 —**
551—650 —	434 —
651—750 —	446 —
751 - 900 —	457 —



Fig. 171. Wilhelm Johannsen, f. 3. Februar 1857. Professor i Plantefysiologi ved Universitetet i Kjøbenhavn. Har foruden som Arvelighedsforsker indlagt sig store Fortjenester ved Arbejder paa andre Omraader af Plantefysiologien, f. Eks. ved Studier over Modnings- og Hvilefænomenerne og den Indflydelse, bedøvende Midler har paa disse. Udgav i 1905 »Arvelighedslærens Elementer«, som i 1909 udkom paa Tysk i meget forøget og omarbejdet Skikkelse under Titlen: »Elemente der exakten Erblichkeitslehre«, der anses for et Hovedværk i Arvelighedslitteraturen.

Da Aaret 1901 var noget ugunstigere for Bønnernes Trivsel, end 1900 havde været, blev Gennemsnitsvægten af det samlede Materiale ganske naturligt noget mindre i andet Aar (henholdsvis c. 400 og 495 Milligram), men man vil se, at Afvigelserne indenfor det samlede Materiale fra 1901 var endnu langt mindre, saa-

ledes at der ikke var saa stor Forskel paa det Afkom, som smaa og store Bønner havde givet, og dette syntes da paa den smukkeste Maade at bekræfte GALTON's Tilbageslagslov.

Men da JOHANNSEN i det følgende Aar (1902) undersøgte Afkommet af de forskellige Bønner fra enkelte udvalgte Planter, viste det sig, at nu var det i de enkelte Tilfælde ligegyldigt, om han havde anvendt store eller smaa Bønner til Udsæd, idet alle Bønner fra samme Plante gav Afkomsbønner med væsentligst samme Gennemsnitsvægt. Saaledes havde f. Eks. Frøene af to Planter, *B* og *N*, der repræsenterede hver en ren Linje med henholdsvis relativt store og smaa Bønner, givet følgende Resultat, idet de udsaaede Bønner var inddelte i Vægtklasser:

Gennemsnitsvægt i Milligr. af	Linje *B*				Linje *N*		
Moderbønner 1901.....	400	500	600	700	200	300	400
Afkomsbønner 1902.....	572	549	565	555	410	407	408

Paa Grund af, at Aaret 1902 var gunstigere end 1901, blev Gennemsnitsvægten i det hele taget noget større i det første af disse to Aar, men hvad der interesserer mest her er, at Afkommets Gennemsnitsvægt indenfor den enkelte rene Linje nu viser sig at være ganske uafhængig af de udsaaede Bønners Vægt. Og paa denne Maade lykkedes det JOHANNSEN i 1902 at udskille ikke mindre end 19 forskellige rene Linjer af den tilfældige Blanding af en bestemt Sort Bønner, som han havde indkøbt i 1900. I denne Bestand (eller Population) har der dog sikkert været endnu flere rene Linjer, ti det var jo kun Afkommet af et forholdsvis ringe Antal Planter, han saa nøje kunde forfølge.

Her viste sig altsaa det overraskende Resultat, at en bestemt Sort eller Race, som man hidtil havde været vant til at betragte som en biologisk Enhed, kunde spaltes i en Række mindre Enheder eller rene Linjer, og at hver af disse var en fast Type, indenfor hvilken et Udvalg af Plus- eller Minusvarianter med Hensyn til en eller anden Egenskab ikke havde den mindste Forskydning af Typens Karakter til Følge. Og naar da den GALTON'ske Tilbageslagslov syntes at gælde for den hele blandede Bestand, men afgjort ikke for dennes enkelte rene Linjer, maatte

dette forklares saaledes, at man ved at udvælge et større Antal af henholdsvis store og smaa Bønner i det blandede Materiale altid vilde komme til at tage forholdsvis mange Repræsentanter for de rene Linjer, der ligger enten over eller under Gennemsnitstypen, medens der dog imellem de store Bønner altid vil findes en Del Plusvarianter af smaa rene Linjer og omvendt mellem de smaa Bønner en Del Minusvarianter af store rene Linjer, og disse sidste er det da, der vil bevirke Tilbageslaget henimod Gennemsnittet af alle rene Linjer eller af hele Bestanden.

Resultaterne fra Bønneforsøgene fik JOHANNSEN nu ogsaa bekræftede for visse Bygsorters Vedkommende, og senere har andre kunnet paavise Forekomsten af en Række rene Linjer indenfor andre Organismer, saaledes Forædlingsanstalten i Svaløf (Sverige) hos Havre, Hvede, Ærter etc., W. L TOWER (1906) hos Koloradobillen, E. HANEL (1907) hos Hydroidpolyper, H. S. JENNINGS (1908) hos Infusionsdyret *Paramæcium*, F. WOLFF (1909) hos Vidunderbakterien, *Bacillus prodigiosus*, C. O. JENSEN (1910) hos Coli-Bakterier og R. WOLTERECK (1909) hos Smaakrebs (Dafnier) — alle Organismer, der forplanter sig ad kønsløs Vej eller parthenogenetisk (se S. 573). Og disse samme Forskere har tillige vist, at et Udvalg af Varianter indenfor de enkelte rene Linjer aldrig er i Stand til at medføre en Forskydning af Typerne.

Som før bemærket (S. 611) vil Afkommet af saadanne Organismer, der formerer sig kønsligt ved Krydsning, næsten altid være Heterozygoter, og det vil derfor blandt disse være meget vanskeligt om ikke helt umuligt, at udskille absolut rene Linjer, der naturligvis maa være Homozygoter. Men den længe kendte Konstans i Egenskaber, der hersker indenfor mange Racer og Varieteter, tyder dog paa, at man her har med lignende biologiske Enheder at gøre, hvis Type ikke lader sig forskyde hverken ved kunstigt eller naturligt Udvalg. Og gennem JOHANNSEN's Opdagelse er det da gjort yderligere sandsynligt, at Udvalg af individuelle Variationer ikke har nogen som helst Betydning for Artsdannelsen, og at DARWIN's Selektionsteori derfor maa opgives som Forklaring paa denne. De enkelte systematiske Enheder, der altsaa kan være langt snevrere end dem, man sædvanlig har regnet med (Arter, smaa Arter, Racer, Varieteter o. s. v.), er derimod mærkværdig faste og lader sig ikke ændre undtagen gennem Mutationer,

Krydsninger o. l. Og i det praktiske Forædlingsarbejde kan man derfor lige saa godt opgive Udvalget indenfor virkelig rene Racer, der dog aldrig kan sprænge Rammerne om de enkelte faste Enheder, men i det højeste kan tjene til at faa fat i de allerede eksisterende Former, der har de Egenskaber, man søger. Arbejder man da med urene Bestande, bestaaende af flere rene Linjer (eller med Krydsninger), vil der altid indtræde et Tilbageslag til Gennemsnitstypen af disse, hvis man ikke omhyggeligt isolerer den enkelte rene Linje (efter VILMORIN's Princip) eller stadig fortsætter Udvalget. JOHANNSEN's Opdagelse har saaledes givet os Løsningen paa den Gaade, hvorfor selv det omhyggeligste Udvalg aldrig fører Forædlingen ud over en vis Grænse, og hvorfor Tilbageslaget sker, naar Udvalget hører op, samtidig med, at den har fjernet det Haab, som mange nærede, at løse Artsdannelsesproblemet gennem Udvalg af de individuelle Variationer.

Foruden de her omtalte er der endnu en Række andre interessante Spørgsmaal, som den moderne Arvelighedsforskning arbejder med og tildels har bragt Klarhed over, som f. Eks. de Mutationer, der opstaar ad rent vegetativ Vej (Knopmutationer), Virkningen af saakaldet »falsk Befrugtning« (Pseudogami), og af Dobbeltbefrugtningen hos Planter (se S. 567), der fører til de saakaldte »Xeniedannelser«, Podningsbastarder, »Kimærer« o. s. v. Men da disse Spørgsmaal dog er af mindre Betydning for den almindelige Biologi, vil vi forbigaa dem her.

Men det vil af det foregaaende ses, hvordan de sidste Aars Forskning har vendt op og ned paa tidligere Opfattelser af Arvelighedsforholdene, efter at man har begyndt at studere disse gennem Eksperimenter og ved en grundig kritisk Revision af tidligere Teorier og det Materiale, hvorpaa disse hvilede, har set, hvor uholdbare og ubeviste de i Virkeligheden var. Man har da begyndt helt forfra og med helt nye Metoder lagt Grunden til en anderledes paalidelig — omend ogsaa mere nøgtern — Arvelighedslære end de mange filosofiske Spekulationer og upaalidelige Iagttagelser, som det forrige Aarhundredes Arvelighedsteorier var bygget op paa. Og for ret at begynde med Begyndelsen, har man nu søgt skarpt at definere saadanne Begreber som Arv og Arvelighed, der tidligere var højst uklare og ofte en Sammenblanding af hinanden ganske uvedkommende Ting.

Det laa jo nemlig nær, naar man spurgte om, hvad der kan være Genstand for Arv i biologisk Forstand, da at benytte de gængse Begreber fra det daglige Liv. Det er som bekendt meget forskellige Ting, man her kan arve (Gods og Guld, Fattigdom, social Position, foruden de rent personlige Egenskaber) og meget af dette kan man jo endog arve fra Mennesker, hvor der slet ikke er Tale om nogen Afstamning, ja end ikke om noget Slægtskab i daglig Forstand. Derfor maa man naturligvis nøje adskille den personlige, biologiske Slægtsarv fra det mere materielle Arvegods, men meget af det, som mange, endog Videnskabsmænd, vil regne til den første Kategori, kalder den moderne Arvelighedslære for »falsk« Arv; f. Eks. hvor der er Tale om smitsomme Sygdomme, der skyldes Bakterier, saa kan disse vel overføres fra Forældre til Afkom, men Bakterierne hører ikke med til Forældrenes personlige Egenskaber, saa Sygdommens Overførelse i Virkeligheden ganske er at sammenligne med det Gods og Guld, der ogsaa kan følge med det, som Børnene »faar« fra deres Forældre.

Ja, den moderne Arvelighedslære gaar endog saa vidt, at den ikke vil anerkende, at de personlige Egenskaber i sig selv er arvelige. Det, der arves, er noget ganske immaterielt, Anlæg eller Evner til at reagere paa Yderverdenen saaledes, at bestemte Egenskaber træder frem som Resultatet heraf. Men de samme arvelige Anlæg kan fremtræde som forskellige Egenskaber under forskellige ydre Forhold. Der findes f. Eks. en Primula-Art, *Primula sinensis*, der har røde Blomster, naar den vokser under almindelige Forhold ved 15—20°, men faar hvide Blomster, hvis den dyrkes i et fugtigt varmt Drivhus ved 30—35°. En hos os almindelig vildtvoksende Plante, Vand-Pileurt, *Polygonum amphibium*, er glat, naar den vokser i Vand, men haaret, naar den vokser paa Landjorden. Men Frø fra en hvid Blomst af *Primula sinensis*, der bringes til Spiring og Blomstring ved 15—20°, vil altid give røde Blomster, og Afkom af Vand-Pileurten, der i nok saa mange Generationer har optraadt paa Land i den haarede Form, vil straks være glat, saa snart det igen bringes til at leve under Vand. Disse Planter arver altsaa ikke en bestemt Farve eller Haarethed eller Glathed, men det, de arver, er Evnen til under bestemte ydre Forhold at danne enten røde eller hvide Blomster, at være enten haarede eller glatte.

Det er da paa disse Anlæg (Arveenheder, Gener og

hvad man ellers kalder dem), som er knyttede til Kønscellerne, at Arvelighedsforskeren retter sin Opmærksomhed. De er for ham de samme Enheder som de i og for sig hypotetiske Molekuler og Atomer er for Kemikeren. Af forholdsvis faa Arveenheder eller Anlæg kan der tænkes en Mængde forskellige Kombinationer, der hver for sig kan fremtræde som lige saa mange forskellige Egenskaber, ligesom de utallige organiske Forbindelser, Kemien nu kender, jo er komponerede af nogle ganske faa Grundstoffer.

Har Arvelighedslæren saaledes maattet begynde helt forfra, og det for kun godt en halv Snes Aar siden, var det jo ikke at vente, at den skulde have naaet til saa overvættes mange og store Resultater i den korte Tid. Mange vil maaske ogsaa synes, at den har revet mere ned, end den har bygget op. Men var det første kun falske Forestillinger eller ganske ubeviste Paastande, var dette vel i og for sig ogsaa en fortjenstfuld Gerning, hvortil den saa desuden har at føje de positive nye Opdagelser, som vi i det foregaaende har refereret.

Skulde vi da til Slut resumere, hvad vi nu har lært og ved om Arvelighed, med særligt Henblik paa den derigennem vundne Forstaaelse af, hvorledes Udviklingen indenfor den levende Natur — som jo ingen længere tvivler om — er gaaet og gaar for sig, saa kunde dette maaske sammenfattes i følgende Hovedsætninger, som et kort Uddrag af, hvad der foran udførligere er refereret:

1) At vi endnu intet sikkert véd om de i Individets Liv **erhvervede Egenskabers Arvelighed**, som kunde tænkes at være af Betydning for den fremadskridende Artsdannelse, eller at **Lamarckismen** hidtil er ubevist.

2) At **DARWIN's Selektionsteori** ganske sikkert er uholdbar, da man ikke kender noget Eksempel paa, at et Udvalg af individuelle Variationer har ført til en virkelig Forskydning af Livstypen.

3) At den **GALTON'ske Tilbageslagslov** maa forklares ud fra det Faktum, at de hidtil antagne mindste systematiske Enheder kan være en Blanding af flere forskellige **rene Linjer**, der hver for sig viser sig at være konstante.

4) At der utvivlsomt ved **stødvise Variationer** eller

Mutationer kan foregaa en Nydannelse af Arter, om end Mutationerne i Regelen kun angaar ganske ringe Ændringer, og de større Forskydninger sandsynligvis er meget sjældne.

5) At der ved **Bastardering** kan foregaa saadanne Spaltninger og Nykombinationer af arvelige Anlæg, at en fremadskridende Artsdannelse ad denne Vej er baade mulig og sandsynlig, om man end ikke endnu ved saa meget sikkert herom.

6) At **de MENDEL'ske Love** har lært os at forstaa og ofte forud at beregne Arvelighedsforholdene hos Bastarder (Heterozygoter), og at vi ved Hjælp af dem kan analysere de Anlæg, der findes hos disse.

7) At vi ved Hjælp af de MENDEL'ske Love og ved Analyse af en Art eller Race i rene Linjer kan gaa anderledes rationelt frem end tidligere under det praktiske **Forædlingsarbejde.**

Men nogen afgørende Løsning paa det store og vigtige Problem om **Artsdannelsen i Naturen**, der er saa nøje knyttet til selve Udviklingstanken, har Arvelighedsforskningen altsaa endnu ikke givet os, og vi synes i Øjeblikket at være længere fjernede fra en saadan Løsning, end man mente at være i Slutningen af forrige Aarhundrede.

Naturvidenskabelige Hypoteser om de levende Væseners første Oprindelse.

Som Livets egentlige Væsen — trods alt hvad vi nu ved om de Love, Livsvirksomhederne følger, — i sig selv bestandig er os gaadefuldt, saaledes er det ogsaa med dets første Oprindelse. Men netop dette Spørgsmaal er et af dem, der allermest har beskæftiget den tænkende Menneskehed. Denne har Gang paa Gang spurgt Naturforskerne: »Hvad kan I sige os herom?« Og det er da heller ikke de ringeste Aander indenfor disse, der har søgt at besvare dette Spørdsmaal.

En Mængde fantastiske Svar er givne herpaa i Tidernes Løb — ofte uden nogen som helst Begrundelse. Det aller simpleste og det, som Størstedelen af Menneskeslægten har slaaet sig til Taals med, hvad enten de bekendte sig til Kristendommen eller en af de andre store Verdensreligioner, er som bekendt dette, at i Tidernes Morgen skabte Gud Himmelen og Jorden og hvert især af de levende Væsener, der befolker eller tænkes at befolke de forskellige Kloder. Efter Bibelens Forklaring skal Jordens Befolkning med Skabninger jo endogsaa være bleven fuldbyrdet i Løbet af faa Dage, som man vel i vor Tid er mest tilbøjelig til at opfatte symbolsk som Udtryk for lange Perioder, og paa denne Maade bliver Problemet for de lettroende i det hele taget en overmaade simpel Sag.

Anderledes er det for dem, der har smagt paa det Kundskabens Træ, som hedder den moderne Naturvidenskab, efter at denne har bragt saadanne Kendsgerninger for Dagen, at de ikke saa let lader sig bringe i Overensstemmelse med Bibelens Udsagn. De har da enten i deres Opfattelse helt revet sig løs fra Aabenbarings-

skrifternes og Myternes Forklaring, eller de har forsøgt at fortolke dem paa en saadan Maade, at de mer eller mindre lod sig forlige med en videnskabelig Tankegang. Og hos mange, der ellers fuldtud repræsenterer et moderne naturvidenskabeligt Standpunkt i deres Syn paa den konkrete Verden, men som dog i Hovedsagen bekender sig til den kristne Religion eller et andet lignende mystisk System, er der netop paa dette Punkt om Livets Oprindelse bleven et Hul i deres Verdensopfattelse, som de har ladet staa hen eller søgt at fylde med en ikke alt for dogmatisk Hypotese, en Formodning om, hvordan det kunde tænkes at være gaaet til.

Vi skal nu i det følgende søge at give en Fremstilling af, hvad Naturvidenskaben eller rettere Naturforskerne har kunnet oplyse eller tænke sig om denne Sag, idet vi fortrinsvis skal holde os til saadanne Mænds Anskuelser, der iøvrigt har et Navn og fortjener Opmærksomhed indenfor de eksakte Videnskaber.

Det betragtes i vore Dage almindeligvis som sikkert fastslaaet, at Jorden (og andre Kloder, der nu er kolde) en Gang har været i en saadan, luftformig eller flydende, glødende Tilstand, at den ikke kan have været beboet af levende Væsener af den Slags, vi kender.

De geologiske Aflejringer viser os bl. a., at det først er paa et ret sent Stadium af Jordens Udvikling, at de levende Væsener kan være optraadte, og den Rækkefølge, hvori de findes i Jordlag af forskellig Alder, siger os tillige, at alle Former ikke er opstaaede paa en Gang, men sukcessivt, og den giver da vigtige Oplysninger om, i hvilken Retning Udviklingen er gaaet indenfor den levende Natur.

Efter dette er der heller næppe nogen Tvivl om, at de først optrædende Organismer alle har haft en i Forhold til mange nulevende Former ret simpel og primitiv ydre og indre Bygning. Men hvilke de første Væsener har været, er dog ikke fastslaaet, og endnu mindre, hvorledes de er opstaaede.

Dette Spørgsmaal er vel først bleven rigtig brændende, efter at Udviklingstanken er trængt igennem, men med dette blander der sig et andet, der til alle Tider har beskæftiget Naturforskerne og andre, nemlig dette: om der ikke bestandig og endnu den Dag i Dag foregaar en Slags Skabelse af Liv, en Overgang fra livløst til levende? Fik man en Løsning

herpaa, var det andet Spørgsmaal maaske ogsaa løst, og vi skal derfor fortrinsvis beskæftige os hermed.

Dog skal her straks indskydes, at en berømt Naturforsker som Franskmanden CUVIER (1769—1832) og hans Elever søgte (1812) at formidle Bibelens med en mere moderne Naturvidenskabs Forklaring ved at antage, at der til forskellige Tider af Jordens Udvikling var foregaaet Skabelsesakter, idet Livet ved voldsomme Naturomvæltninger flere Gange var blevet helt udslukt, og de geologiske Aflejringer netop var et Udtryk herfor (den saakaldte Katástrofeteori). At denne Forklaring ikke kunde være rigtig, bevistes dog snart derved, at man i forskellige Jordlag fandt Dyrearter, der havde holdt sig uforandrede fra en Jordperiode til ind i den næste.

Men vi vil nu gaa lidt længere tilbage i Tiden og derfra forfølge Opfattelsen og den naturvidenskabelige Behandling af Problemet til op i vore Dage.

Læren om Selvavl *(generatio æquivoca)*.

For den mere primitive Naturbetragtning var Spørgsmaalet ikke nær saa vanskeligt, som det senere er blevet. Oldtidens berømteste Naturforsker, ARISTOTELES, besvarede det ganske simpelt derhen, at f. Eks. Aal, der pludselig viste sig i et Vandhul, som om Sommeren havde været udtørret, skabtes af Dyndet, ligesom Insekter af en Tyrs Indvolde eller Maddiker af Aadsler, hvori man saa hurtigt kan se dem myldre frem. Og alt, hvad ARISTOTELES havde sagt, troede man jo paa som paa et Orakel til helt op i Renaissancetiden, ja længere, hvorfor det da heller ikke vakte Forundring, at den paa sin Tid saa berømte belgiske Kemiker og Læge VAN HELMONT (1577—1644) i fuldt Alvor kunde give følgende Recept paa, hvorledes man kunstigt kunde frembringe Mus: man skulde blot henstille en Krukke med Klude og noget Brød paa et Loft eller lignende Sted, saa vilde Musene af sig selv opstaa deri.

Et Stød fik denne aristoteliske Tyrketro dog, da den italienske Lærde og Digter FRANCESCO REDI i 1675 viste, at man kunde hindre Maddikers Optræden i Kød ganske simpelt derved, at man overbandt dette med saa fint et Net, at Fluerne ikke kunde komme til at lægge deres Æg i Kødet; og et lidt nærmere Studium af

Aalenes, Musenes og andre saadanne højere Dyrs Livshistorie fik da ogsaa disse vidunderlige Eksempler paa Skabelse banlyste fra den Litteratur, der vilde regnes for at være videnskabelig.

Men nu havde man imidlertid opfundet Mikroskopet og ved Hjælp af dette opdaget den usynlige Verden af Mikrober, der optræder i saa talløse Skarer bl. a. i fordærvede Næringsmidler, i Vand, som bliver urent, o. s. v. Hollænderen Antony van Leeuwenhoek (se S. 38) havde i 1687 for første Gang set og afbildet Bakterier, og mange andre kunde derefter, naar de med Mikroskopet undersøgte et eller andet fordærvet Næringsstof, i Regelen se det myldre med Liv heri, medens saadant ikke kunde iagttages, saa længe det paagældende Stof endnu var friskt.

Her meldte sig da straks det Spørgsmaal: Hvorledes opstaar disse Væsener i de raadnende og gærende Substanser? Og Svaret lød snart efter almindeligt: Fordi de skabes af den livløse Materie, hvis enkelte Smaadele befries fra Dødens Favntag ved Forvandlingen til en lille Mikrob.

Ja, dette mente man endogsaa ligefrem at kunne bevise. En anglikansk Præst, John Needham, publicerede i 1745 en Beretning om nogle Forsøg, han havde anstillet med dette Formaal for Øje. Han havde bl. a. i kort Tid kogt en Flaske med Kødudtræk for at dræbe det levende, der var deri, og havde derefter lukket Flasken; men da han nogen Tid efter undersøgte dens Indhold, var det ikke desto mindre gaaet i Forraadnelse, og talløse smaa Væsener bevægede sig livligt omkring i Væsken. De kunde da umuligt være komne der uden af sig selv, ved en Skabelsesakt eller en skaakaldet *generatio æquivoca* eller *spontanea*, mente han; og at en saadan virkelig kunde finde Sted, proklameredes derefter højlydt, ikke alene af Needham, men af talrige andre Troende, hvis Fantasi denne formentlige Opdagelse i højeste Grad tilfredsstillede.

Indtil en anden Præst, den italienske Abbed og højt fortjente Naturforsker Lazzaro Spallanzani (1729—1779) i 1765 opkastede en Tvivl om Beviskraften i Needhams Forsøg. Han havde nemlig gjort de samme og lignende Eksperimenter, og naar han havde kogt i $^3/_4$ Time og bagefter sørget for, at der ikke ledtes kold Luft ind til Væskerne, holdt de sig til Stadighed uforandrede, sterile, og der optraadte ikke noget levende i dem. Hemmeligheden ved Resultatet af Needhams Forsøg var, at han havde kogt

i for kort Tid, mente SPALLANZANI, og han troede da ikke paa, at der her foregik en Skabelsesproces.

Der udspandt sig nu en Diskussion mellem de to Gejstlige, der fulgtes med den mest levende Interesse af hele den lærde Verden. NEEDHAM svarede, at SPALLANZANI havde kogt for længe og dermed ødelagt »den vegetative Kraft« i Væskerne, ligesom Luften derved var bleven saaledes forandret, at den ikke længere kunde »nære Liv«. Men enhver holdt paa sit, og hver fik sine Tilhængere, saa foreløbig delte Anskuelserne sig i to Lejre, der meget ofte førte heftige Diskussioner om dette Spørgsmaal, som jo havde saa stor almen og religiøs Interesse.

Imidlertid drog den franske Kok APPERT i Begyndelsen af det 19. Aarhundrede den praktiske Konsekvens af SPALLANZANIS Forsøg, at han begyndte at henkoge Fødemidler for at faa dem til at holde sig, ved hvilken Proces han sørgede for hermetisk at tillukke Beholderne umiddelbart efter Kogningen, eller mens de endnu var varme, saa den kolde Luft ikke kom ned i dem. (Den franske Kemiker GAY-LUSSAC hævdede forøvrigt den Gang, at det var Tilgangen af Ilt, som var Aarsagen til Fødemidlernes Fordærvelse.) Og APPERT blev saaledes Fader til den senere saa overordentlig betydningsfulde Konservesfabrikation — der altsaa hviler paa SPALLANZANIS videnskabelige Forsøg.

Men dette blev ikke den sidste praktiske Konsekvens, som Undersøgelserne for at klare et Spørgsmaal, der oprindelig kun havde teoretisk Interesse, fik.

NEEDHAMS og SPALLANZANIS Forsøg blev Gang paa Gang tagne op igen, snart med det ene og snart med det andet Resultat, uden at man kunde komme til Klarhed over det vekslende Held, man havde i saa Henseende. Paa opstillede Forklaringer skortede det ikke, og Kravene til Forsøgstekniken skærpedes derved i betydelig Grad. Spørgsmaalene var navnlig, hvilken Indflydelse Luften havde paa Mikrobernes Tilsynekomst, ved hvilke Midler man muligvis kunde »fordærve« denne, saa den ikke blev »livnærende«, hvad det var i Luften, der »gav Liv«, o. s. v.

I 1836 anstillede Tyskeren FRANZ SCHULZE følgende Forsøg (se Fig. 172): Han fyldte en Kolbe halvt med destilleret Vand, bragte deri let fordærvelige animalske eller vegetabilske Stoffer og lukkede Flasken tæt med en Prop, hvori var anbragt to knæformigt ombøjede Glasrør. Han bragte nu Kolben paa et Sandbad, opvarmede til Kogning og kogte hæftigt, indtil alle Dele af Apparatet

var komne op paa en Temperatur af 100°. Og medens de hede Vanddampe endnu strømmede ud af Glasrørene, lukkede han disse ved Tilføjning af de to smaa Apparater, der ses paa Figuren, og hvori der var fyldt henholdsvis koncentreret Svovlsyre og en Opløsning af Kalihydrat, saaledes at Luften, for senere at naa ned i Kolben, maatte boble gennem disse to Væsker. Efter at Kolben var afkølet, blæste nu SCHULZE Luft ind igennem det Apparat, der indeholdt Svovlsyre, saaledes at den strøg hen over Væskens Overflade i Kolben, og han gentog denne Operation 2 Gange daglig i de følgende 2 Maaneder. Og skønt der da saaledes kom en Luft, der ikke var »fordærvet« ved Ophedning, i Berøring med de let fordærvelige Substanser, holdt disse sig stadig uforandrede, og der optraadte intet levende i dem. Men dette skete og der-

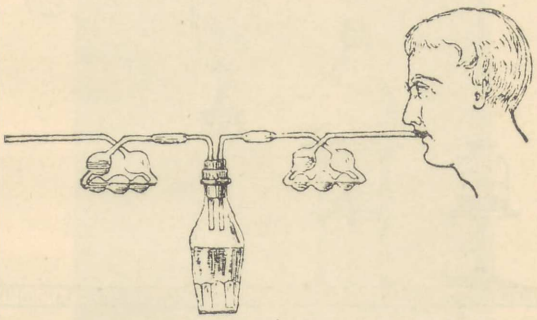


Fig. 172. FRANZ SCHULZES Forsøg.

med fulgte ogsaa Forraadnelse og Gæring, saa snart han lod Flasken staa aaben med fri Adgang af Luften. Heraf sluttede SCHULZE, at en Skabelse, *generatio æquivoca*, ikke fandt Sted.

Kort efter (i 1839) gjorde den bekendte Anatom og Fysiolog THEODOR SCHWANN (se Fig. 17, S. 44) SCHULZES Forsøg efter med den Ændring i Metoden, at han lod Luften passere et spiralbøjet, glødet Metalrør (se Fig. 173), inden den naaede ned til Væsken i Kolben. Og Resultatet blev det samme: at under saadanne Forhold kunde letfordærvelige Stoffer holde sig uforandrede, og uden at der optraadte noget levende i dem. Og senere (i 1853—54) viste SCHROEDER & DUSCH, at lod de blot efter Kogningen Luften passere ind i Kolberne gennem en porøs Bomuldsprop, opnaaedes samme Resultat: Sterilitet.

Imidlertid var af og til nogle af den Slags Forsøg mislykkede, saavel for SCHWANN som for SCHROEDER & DUSCH, ja, endog for

den berømte tyske Fysiolog og Fysiker HELMHOLTZ eller den engelske Fysiker TYNDALL, der ogsaa interesserede sig for disse Spørgsmaal. Dette holdt stadig Troen vedlige hos de ivrige Tilhængere af Skabelsesteorien, og da den ansete Franskmand POUCHET stillede sig paa deres Side og ligefrem angav, at man kunde frembringe Mikrober kunstigt ved blot at blande forskellige Stoffer sammen (jfr. VAN HELMONTS Recept paa at skabe Mus), blev Diskussionen saa livlig, at det franske Videnskabernes Akademi i 1860 fandt Anledning til at udsætte en Pris for Besvarelsen af Spørgsmaalet: om *generatio æquivoca*, saakaldet Selvavl, virkelig er mulig.

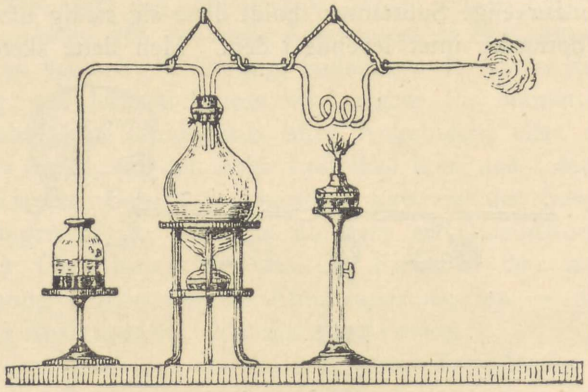


Fig. 173. THEODOR SCHWANNS Forsøg.

Det blev da den endnu unge og ret ukendte Kemiker LOUIS PASTEUR (1822—1895), som skulde tilkæmpe sig Berømmelse og indlægge sig uvisnelig Fortjeneste ved Besvarelsen af denne Prisopgave, som han 2 Aar efter (1862) kunde indlevere til Akademiet. PASTEUR var gaaet meget grundigt og samvittighedsfuldt frem. Først havde han studeret al foreliggende naturvidenskabelig Litteratur om Æmnet, dernæst havde han gjort alle Forgængernes Eksperimenter efter og paavist de Fejl og Mangler i deres Forsøgsanordning, der saa ofte havde ført til modstridende Resultater, og endelig klarlagde han saa selv det hele Spørgsmaal ved en Række glimrende udførte Eksperimenter, der bestandig vil regnes blandt Videnskabens grundlæggende og klassiske Arbejder.

Hans første Bestræbelse gik ud paa sikkert at konstatere Kilden til de Omdannelser, der saa let indtræder i Næringsmidler o. l., og han havde — efter nogle Arbejder, han netop havde udført

over den alkoholiske og andre Gæringer — god Grund til at formode, at det var noget levende, som som var Aarsag i disse Processer. Men hvorfra kom dette levende, naar man i Forvejen havde fjærnet det ved Opvarmning af de let fordærvelige Varer? Jo, det kom ganske rigtigt fra Luften, som flere af hans Forgængere ogsaa havde anet, men det var ikke Luften eller Ilten som saadan, der virkede, men derimod smaa Kim, levende Væsener, der svæver rundt i Luften som fine Støvpartikler og derfor saa let trænger ind alle Vegne, hvor der findes en lille Aabning. Men

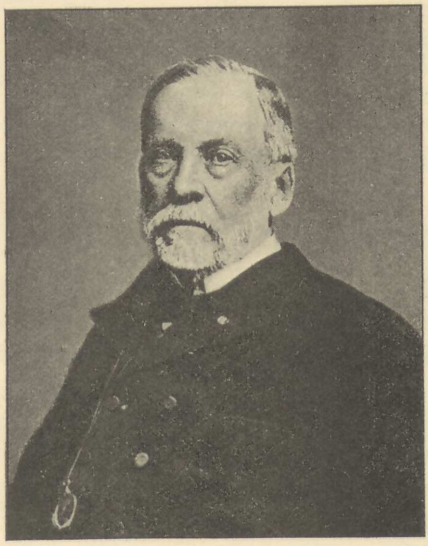


Fig. 174. Louis Pasteur (1822—1895).
Berømt fransk Naturforsker.

de er dog ikke mindre, end at Luften ogsaa kan befries for dem ved en Filtrering, f. Eks. gennem Bomuld, som Schroeder & Dusch havde anvendt, og her var det da igen muligt at opfange dem og undersøge dem nærmere. Pasteur gjorde nu en lille genial Ændring i Forgængernes Forsøgsmetode. I Stedet for almindelig Bomuld anvendte han Skydebomuld, der er opløselig i Alkohol og Æter, og naar han havde suget en vis Mængde Luft igennem en Prop af dette Stof, og han derefter bragte dette i Opløsning, blev der et uopløst Bundfald tilbage, der under Mikroskopet kunde genkendes som forskellige Mikrober, Sporer af

Svampe, Bakterier, Infusorier o. s. v., ved Siden af en hel Del livløse mineralske og organiske Partikler (se Fig. 175). Og at det netop var dette Støv, der fremkaldte Gæring og Forraad-



Fig. 175. Faste Partikler fra Luften, opsamlede af PASTEUR i en Prop af Skydebomuld. Heriblandt findes Infusionsdyr, Alger, Svampesporer, Bakterier m. m.

nelse, viste han ved et andet overordentlig simpelt og elegant Forsøg. I en Kolbe som den paa Fig. 176 afbildede var anbragt en let foranderlig Væske, der blev kogt, og i den i en Spids udtrukne Hals blev der forsigtigt anbragt en lille Prop af Bomuld, hvorigennem der blev suget en vis Mængde Luft, saa Proppen var inficeret med Støv; Kolbehalsen blev derefter smeltet til. Saa længe

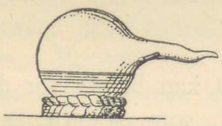


Fig. 176. Kolbe, i hvis Hals der ligger en lille Prop af Bomuld, inficeret med Luftstøv.

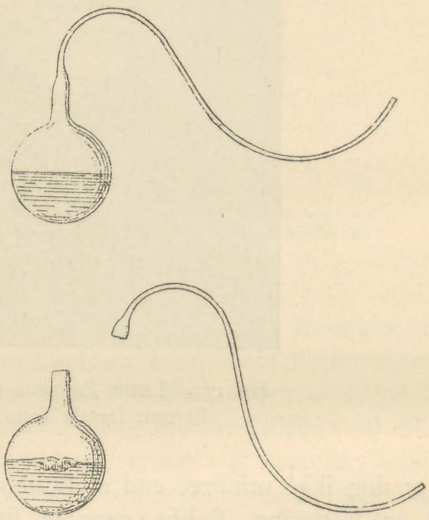


Fig. 177. Kolber med Svanehals, forneden afskaaren, hvorefter der lige under Aabningen udvikler sig en Vegetation af Kim, der drysser fra Luften ned i Næringsvæsken.

Kolben blev holdt i vandret Stilling, som vist paa Figuren, holdt Væsken deri sig uforandret, men hvis han da f. Eks. efter en Maaneds Forløb rejste den op, saa den lille Prop faldt ned i Væsken, gik denne straks i Forraadnelse eller Gæring, og det myldrede

med de Mikrober, der havde været tilstede i indtørret Tistand i Proppen.

PASTEUR viste nu ogsaa, at det ikke en Gang var nødvendigt at lukke hermetisk for at faa organiske Stoffer til at holde sig sterile. Trak han f. Eks. en Flaskehals S-formigt ud (se Fig. 177), saa vilde under den efter Kogningen følgende Afkøling alle de Mikrober, der kunde tænkes at blive førte ind med den indsugede Luft, i Virkeligheden blive siddende fast i den fugtige Flaskehals' Bøjninger, skønt den egentlige Luftpassage slet ikke var hindret. Saadanne Kolbers letfordærvelige Indhold (Kødvand, Urin, Frugtsafter o. s. v.) kunde holde sig ubegrænset, men skares Flaskehalsen af, som vist paa samme Figur, saa dryssede Kimene fra Luften ned i Væsken og udviklede sig netop særlig frodigt lige under Aabningen, hvor de først havde fundet Plads.

Og PASTEUR viste endelig, at mange Stoffer i Virkeligheden forekommer kimfri eller ursterile i Naturen, som f. Eks. Blodet i sunde Dyrs Aarer, de levende Væv i det indre af Dyr og Planter m. m., og opbevarede han saadanne i steriliserede Beholdere, beskyttede mod Infektion udefra, var der aldrig Tale om, at der opstod noget levende i dem, eller at de enkelte Celler eller Smaadele blev forvandlede til smaa, selvstændige, levende Væsenet, som man før havde antaget.

Af alle disse Forsøg uddrog da PASTEUR den Slutning, at de smaa Væsener, der optræder i gærende og raadnende Substanser, hidrører fra Forureninger gennem Beholdere eller fra Luften, hvor de i længere Tid kan holde sig i Live i en dvaleformig Tilstand, indtil der bydes dem gunstige Livsbetingelser. Under saadanne formerer de sig meget hurtigt, optræder i talløse Skarer og er nu Aarsagen til de Omdannelser, de paagældende Substanser undergaar. Men man har det altid i sin Magt at holde dem ude, fordi de aldrig opstaar af sig selv ved en Skabelsesakt, men kun ved en Fødselsakt, ved Forældre. Og denne Sætning kan da udvides til alment at gælde saaledes: alle de levende Væsener, vi kender, opstaar kun igennem Forældre (*omne vivum e vivo*, ɔ: alt levende af levende, som for øvrigt allerede WILL. HARVEY [1578—1657] havde formuleret den, se S. 11).

Senere Hypoteser.

PASTEURS Arbejde over *generatio æquivoca* blev intet mindre end Grundlaget for hele den moderne bakteriologiske Teknik, for Sterilisation, Desinfektion, Antiseptik, Konservering o. s. v., og hvilken Betydning disse igen har haft for Studiet af Mikroberne (ved Tilvejebringelse af Renkulturer), for Saarbehandling, Kirurgien, den almindelige Patologi, almindelig Hygiejne, talrige Industrivirksomheder, Jordbrug o. s. v., kort sagt for alle civiliserede Menneskers daglige Liv, kan vi her kun pege hen paa, det vilde være ganske umuligt at maale og vurdere ret.

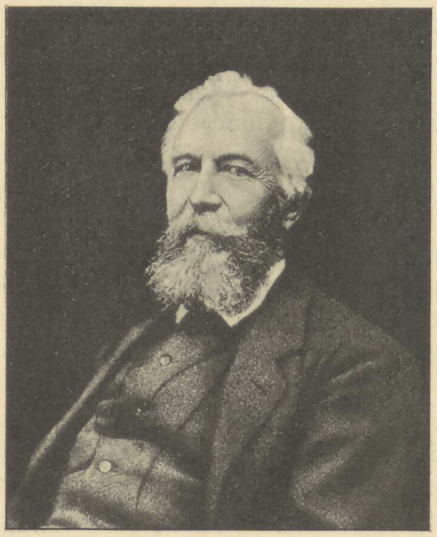


Fig. 178. ERNST HÄCKEL, f. 1834. Endnu levende, berømt tysk Zoolog, Professor ved Universitetet i Jena.

Og alligevel havde PASTEUR ikke givet noget Svar paa Spørgsmaalet om de levende Væseners første Oprindelse. Han havde kun anvist de almindelig kendte Mikrober samme Plads i Tilværelsen som Aalene, Musene og Maddikerne, men i Virkeligheden var Problemet dermed kun skudt længere bort. Man kunde efter PASTEUR med Rette sige, at en Skabelse ikke var paavist, men var den derfor umulig, utænkelig?

ERNST HÄCKEL, den berømte, endnu levende tyske Zoolog og begejstrede Darwinist, besvarede dette med, at det tværtimod var nødvendigt at antage en Skabelse. Men hvor og naar var denne foregaaet, og foregaar den ikke bestandig for vore Øjne?

HÄCKEL opstillede (1866) sin Forklaring, og flere andre har givet deres, men hvad der hidtil er kommet frem til Løsning af Spørgsmaalet, er altsammen dog kun Spekulationer, der kan have større eller mindre Sandsynlighed for sig, men som alle hidtil mangler det positive Bevis.

Og dog kan det maaske have sin Interesse at høre, hvad nogle

af Naturvidenskabens fornemste Aander har tænkt sig som Forklaring paa denne Gaade.

HÄCKELS Hypotese gaar ud paa, at den første Oprindelse til levende Væsener maa søges i fuldkomment homogene, struktur- og formløse Æggehvideklumper, der endnu ikke kan betragtes som Celler, men som opstaar ved en Vekselvirkning af opløste Stoffer. Under Jordens Udviklingshistorie vil de være dannede paa det Tidspunkt, da Vanddampene fortættede sig og dannede det første Hav, Urhavet, og senere skulde de saa have udviklet sig til virkelige Celler og bestandig højere og højere staaende Organismer. Han betegner dette først dannede levende Stof ved Navnet Monérer og mener i 1864 at have opdaget et saadant Væsen, *Protogenes primordialis*, som han beskriver og afbilder (se Fig. 179).

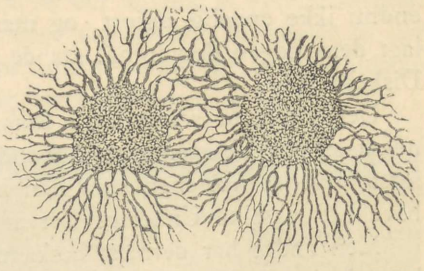


Fig. 179. *Protogenes primordiales* Häckel.



Fig. 180. *Bathybius Häckelii* Huxley, »Urslim«.

En Støtte for denne Hypotese mente man yderligere at have fundet i Opdagelsen af nogle slimagtige Dannelser, som en Ekspedition i det nordlige Atlanterhav i 1857 havde fisket op med Dyndet fra Havbunden fra Dybder paa over 4000 Meter, og som den bekendte engelske Fysiolog TH. HUXLEY (1868) beskrev som et selvstændigt Væsen, *Bathybius Häckelii* (se Fig. 180). Andre, der forgæves havde søgt efter denne »Urslim«, har dog ment, at den ikke var andet end en Udfældning af svovlsur Kalk, fremkaldt af Alkohols Indvirkning paa Havvandet, hvorved der faktisk

kan opstaa saadanne protoplasmalignende Dannelser, medens der senere igen menes at være funden frie Plasmamasser, i hvis Indre der skulde kunne iagttages ejendommelige Bevægelsesformer, der tydede paa Liv.

Men Spørgsmaalet om disse Urorganismers Eksistens er dog endnu ikke endelig afgjort, og man har i de senere Aar ikke tillagt dem nogen Betydning, saa de synes helt at være udgaaede af Diskussionen.

Den berømte schweiziske Botaniker CARL NÄGELI har (1884) udtalt sig for Eksistensen af lignende overordentlig simpelt byggede første levende Væsener, som han kaldte »Probier«, uden dog at have haft eksakte Undersøgelser af dem at støtte sig til.

Men andre har dernæst beskæftiget sig med Spørgsmaalet om, hvorledes det første levende kunde tænkes at være opstaaet, og har fremsat deres Tanker i mere eller mindre plausible Hypoteser.

Den berømte Dyrefysiolog PFLÜGER har i 1875 opstillet en Hypotese, der gaar ud paa følgende: Ved kemisk Analyse af Æggehvidestoffer, der jo udgør en saa væsentlig Del af Protoplasmaet, eller af Spaltningsprodukter af disse som Urinstof, Urinsyre, Kreatin m. m., støder man altid paa en Forbindelse af de to Grundstoffer Kulstof og Kvælstof, som kaldes Cyan (CN), og dette synes da at være Hovedradikalet i det levende Stof, en Kærne, udenom hvilken andre Atomgrupper lejrer sig.

Cyangruppen kan imidlertid dannes kunstigt ved direkte Forening af Kulstof og Kvælstof, og dette sker blandt andet, naar disse Stoffer udsættes for tilstrækkelig høj Temperatur, i Glødhede. Denne Proces kan altsaa godt tænkes at have fundet Sted, allerede mens Jorden endnu var en glødende Masse.

Nu ved man, at andre Bestanddele, Radikaler, i Æggehvidestofmolekulet, som Kulbrinter og Alkoholradikaler, ogsaa kan dannes syntetisk i Glødhede. Det synes derfor, siger PFLÜGER, som om det er Ilden, der har været Kilden til det første Liv paa Jorden.

Han tænker sig den videre Udvikling saaledes: Cyangrupperne har polymeriseret ɔ: mangedoblet sig, de har forenet sig med Kulbrinter, Alkoholradikaler, Ilt, Vand og forskellige Salte til Æggehvidestofmolekulet, og dette har nu netop haft de Egenskaber, som er karakteristiske for det levende: at optage nye Bestanddele i sig, assimilere dem med sig selv, derved forøge sin Masse (vokse) og senere forplante sig (se ogsaa S. 404). Men da altsaa den første Be-

gyndelse hertil har krævet de høje Temperaturer, mener PFLÜGER, at den kun har fundet Sted paa det angivne Tidspunkt af Jordens Udvikling, og at der ikke i Nutiden finder nogen *generatio æquivoca* Sted.

Englænderen F. J. ALLEN har i 1899 udtalt sig i lignende Retning, dog med den Modifikation, at det navnlig er i en Samvirken af Ilt og Kvælstof, man skal søge den første Oprindelse til det levende Stof, og at Betingelserne herfor særlig har været gunstige i den Periode, da Vanddampene fortættede sig paa Jorden.

Af den for faa Aar siden afdøde belgiske Plantefysiolog, LÉO ERRERA (Fig. 181), er der opstillet en Hypotese, der maa stilles i Klasse med PFLÜGERS og ALLENS, og som gaar ud paa følgende: En *generatio æquivoca* har ikke alene fundet Sted, da Livet først oprandt paa Jorden, men kan meget vel tænkes mulig i alle følgende Tidsrum. Ligesom Krystaller af visse Opløsninger kun opstaar under særlige Forhold, f. Eks., naar der bringes en lille Moderkrystal ned i Opløsningen, eller under stærke Rystelser o. l., saaledes kunde det levende Væsen ogsaa tænkes i sin Oprindelse at være afhængigt af en Række tilfældigt sammenstødende Omstændigheder. Han henviser bl. a. som en Sammenligning til Glycerinets Krystallisation. Skønt dette Stofs Smeltepunkt i Virkeligheden ligger ved 17°—18°, forekommer det saa at sige aldrig i fast Tilstand, selv om man afkøler det til de laveste Temperaturer. Men i 1867 opdagede tilfældigvis den engelske Kemiker WILLIAM CROOKES Glycerin-Krystaller i nogle Bonbons, der i en kold Vinter var blevne forsendte pr. Jernbane i England. Antagelig har Kulden og Rystelserne under Jernbanekørselen i Forening netop hidført de Betingelser, under hvilke Glycerinet har kunnet krystallisere, og de Krystaller, der blev dannede ved denne Lejlighed, havde da

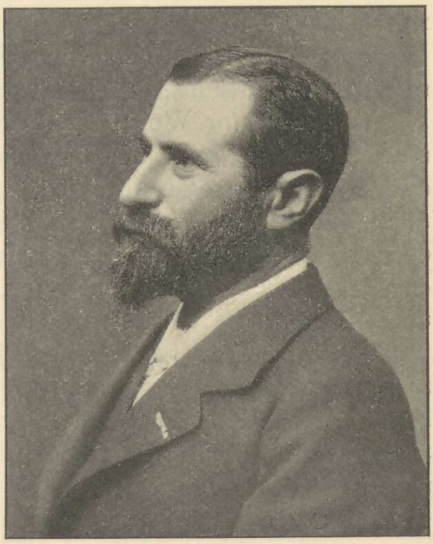


Fig. 181. LÉO ERRERA (1858—1905). Fremragende belgisk Plantefysiolog. Var Professor ved Universitetet i Brüssel.

den Evne at kunne fremkalde Krystallisation i andre Beholdninger af Glycerin ved en Slags Formeringsproces, paa samme Maade som et en Gang opstaaet levende Væsen kan give Liv til nye Individer af samme Slags som det selv. ERRERA mener derfor, at det ikke alene er tænkeligt, at Organismerne — naturligvis yderst primitive Former — af og til opstaar ude i Naturen af det livløse Stof, men at man heller ikke skal afvise det som noget utænkeligt en Gang at kunne danne dem kunstigt i vore Laboratorier, naar vi har lært de Betingelser at kende, under hvilke Stoffet antager »Liv«. —

For 100 Aar siden ansaa man det for umuligt at danne organiske Stoffer ad kunstig Vej, af uorganisk Materiale. I 1828 lykkedes det dog (for WÖHLER) at danne Urinstof af cyansurt Ammoniak. Senere er langt mere komplicerede organiske Stoffer dannede kunstigt, og man er paa Vej til at gøre dette Kunststykke for de mest komplicerede organiske Stoffers Vedkommende, man overhovedet kender, for Æggehvidestoffernes, der synes at være dem, til hvilke Livsevnen særlig er knyttet. Man kan derfor ikke uden videre afvise de her fremsatte Hypoteser som Utopier.

Der er endogsaa i dem meget tiltalende, selv om der let kan rejses Indvendinger imod dem. Ti saa længe man ikke kunstigt har dannet levende Æggehvidestofmolekuler efter de angivne Metoder, er de jo kun Formodninger og ikke beviste Kendsgerninger.

Langt mere fantastiske og kunstige — for ikke at betegne dem som rent digteriske — lyder de Hypoteser, der skyldes to iøvrigt meget ansete Naturforskere, Fysiologen WILLIAM PREYER (1841—1897) og Fysikeren og Psykologen G. T. FECHNER (1801—1887).

PREYERS Hypotese (1880) gaar ud fra, at det levende har bestaaet fra Evighed af. Men hans Opfattelse af Livet er dog af en ejendommelig Art. Selve den i sin Tid glødende og flydende Jordklode betragter han som en stor levende Organisme, »hvis Liv bestaar i dens mægtige Bevægelse, hvis Aande maaske var lysende Jærndamp, hvis Blod flydende Metal, og hvis Næring maaske var Meteorstene«.

Da Jorden efterhaanden afkøledes, udkrystalliserede den uorganiske Materie, udskilt ved det kæmpemæssige Legemes Stofskifte, og senere, da Temperaturen var sunket yderligere, dannedes det Protoplasma, hvoraf de nuværende levende Væsener bestaar. Det levende har da været det oprindelige, alt har i sin Tid været

levende, og først senere er den livløse, uorganiske Materie udsondret af det levende.

Preyers Opfattelse af den glødende Jordkugle som en levende Masse afviger desuden ganske fra, hvad man nu forstaar ved Liv, og man kunde da lige saa godt godkende

Fechners Opfattelse af Jorden som bestandig værende en levende Organisme, af hvilken det, vi i daglig Tale forstaar ved levende Væsener, kun er som særlige Celler og Organer. Ja, Jorden skal endogsaa have en Sjæl og tale et Sprog til andre Kloder — Betragtninger, der rent billedligt kan være af en vis Skønhed og Storladenhed, men som dog ikke har andet med Naturvidenskab at gøre, end at de er fostrede i en berømt Naturforskers Hjærne. —

De følgende Hypoteser, der sluttelig skal omtales, vil i og for sig ikke give nogen Forklaring paa Livets første Oprindelse, da de nærmest gaar ud fra, at dette har ekisteret fra Evighed af, men de skal kun oplyse om, hvorledes Livet er kommen til Jorden, og hvad der her kan have været den første Spire til de mangfoldige og forskelligartede Livstyper, vi nu finder. I Grunden kan de alle sammenfattes til en enkelt Hypotese, der blot er bleven udformet lidt forskelligt til forskellige Tider, nemlig:

Hypotesen om Kosmozoërne, Panspermien, eller Læren om, at de levende Væsener findes rundt omkring i Verdenssystemet, hvor de kan flyttes fra den ene Klode til den anden under særlige Forhold.

Det er en ellers ret ubekendt tysk Læge, H. E. Richter, der 1865 først har fremsat denne Formodning. Han gaar ud fra, at der mellem de faste Bestanddele, der sværer omkring i Verdensrummet, vel kunde tænkes at være levende Kim. Man mente den Gang i Meteorstene at have paavist Kul og petroleumsagtige Stoffer, og da disse altsaa ikke var forbrændte under den Opvarmning til Glødning, som Meteorerne undergaar paa Grund af den Gnidningsmodstand, de møder, naar de kommer ind i Jordens Atmosfære, kunde det vel tænkes, at saadanne Meteorer kunde medføre levende Celler, der da paa Jorden i sin Tid og bestandig senere fandt gunstige Betingelser for deres Trivsel og Udbredelse.

At Digteren Flammarion med Begærlighed greb denne Tanke og nærmere har udpenslet den, vil ikke forundre, men det fortjener mere Opmærksomhed, at berømte Naturforskere som den tyske Fysiker og Fysiolog Hermann Helmholtz og den for faa

Aar siden afdøde engelske Kemiker WILLIAM THOMSON (LORD KELVIN, Fig. 182) har gjort sig til dens Talsmænd, den sidste i en Præsidietale, han holdt ved Aabningen af Naturforskermødet i Edinburgh 1871. THOMSON mener bl. a., at det jævnlig hænder, at Kloder ved Sammenstød splintres, og at Kim derved spredes fra den ene til den anden.

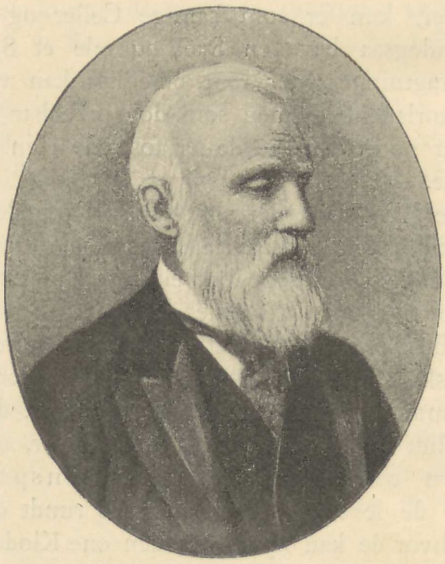


Fig. 182. WILLIAM THOMSON (1824—1907), adlet under Navnet LORD KELVIN. Berømt engelsk Fysiker.

Og sidst (i 1906) har endnu en berømt Naturforsker, den svenske Fysiker og Kemiker, Nobelpristageren SVANTE ARRHENIUS (Fig. 183), udtalt sig for Læren om Panspermien, om end i noget ændret Skikkelse.

ARRHENIUS anser det for umuligt, at Kim skulde kunne overleve den Varme, de udsættes for, naar Meteorstene eller andre Rester af Kloder kommer ind i en Atmosfære som Jordens. De formentlige Fund af Kul og petroleumsagtige Stoffer i dem, som RICHTER byggede sin Teori paa, har da ogsaa vist sig at være forkerte.

Men senere har man gjort Opdagelser, som han mener kaster nyt Lys over Problemet, og som giver os Midler i Hænde til at forklare Transporten af levende Væsener fra en Klode til en anden.

Man har bl. a. i Begyndelsen af dette Aarhundrede opdaget levende Væsener, der er langt mindre end de hidtil kendte Bakterier, saa smaa nemlig, at de end ikke er synlige for vort Øje med de stærkest forstørrende Mikroskoper, og man derfor slet ikke direkte kan iagttage deres Former. Et Slags Billede, i Form af mere eller mindre stærkt lysende Punkter, som det, vi faar af de

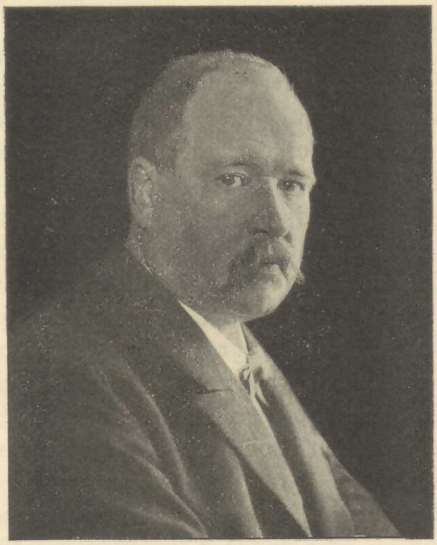


Fig. 183. SVANTE ARRHENIUS, f. 1859. Berømt svensk Kemiker og Fysiker. Fik 1903 Nobel-Prisen. Er Direktør for det fysisk-kemiske Nobel-Institut i Stockholm.

umaadeligt fjærne Fiksstjærner, kan man vel faa ved et særligt Apparat, der kaldes Ultramikroskopet, men forøvrigt kan man beregne deres Størrelse ved at undersøge, gennem hvilke Porevidder i Filtre de kan passere eller ikke. Disse Væsener, som man foreløbig kalder de »usynlige« Mikrober, spiller ogsaa ind i vort daglige Liv, idet det allerede er konstateret, at flere farlige smitsomme Sygdomme som Mund- og Klovesyge, en hel Del andre Kvægsygdomme og antagelig ogsaa flere Sygdomme, der angriber Mennesket (som gul Feber o. a.) skyldes dem. Deres Størrelse ligger under 1,6 Titusindedele af en Millimeter i Diameter, hvilket er Synsgrænsen for det menneskelige Øje, skærpet ved det stær-

keste Mikroskop, men dog fører de deres Liv i Lighed med andre Væsener, formerer sig, udskiller Giftstoffer o. s. v.

Saadanne Smaavæsener kan nu, efter ARRHENIUS, i Kraft af deres ringe Udstrækning med Luftstrømninger fra Jorden føres saa langt op i Lufthavet, at de der kommer udenfor Tyngdens Paavirkning. Dette sker i en Højde af 100 Kilometer, hvor Luften er saa fortyndet, at den kun udøver 0,001 Millimeters Kvægsølvstryk. Men af Luftstrømninger kan de dog aldrig føres udenfor Atmosfæren.

Dette kan imidlertid ske ved andre Kræfter. De Støvmasser, det kosmiske Støv, der driver rundt i Æterhavet, er ladede med negativ Elektricitet, der paavirker Kimene og trækker dem ud af Atmosfæren, og derefter er der intet i Vejen for, at de kan lande paa andre Kloder.

Ved Forsøg er det godtgjort, at man kan udsætte Bakterier for de laveste Kuldegrader, man hidtil har kunnet frembringe — indtil $\div 269^0$ — uden at de mister deres Levedygtighed. Det er da sandsynligt, at de ogsaa kan taale den isnende Kulde ude i Verdensrummet, selv om den gaar ned til det absolute Nulpunkt, $\div 273^0$, samt at Kulden virker saaledes konserverende paa dem, at de kan bevare deres Spireevne gennem Tusinder af Aar. Naar de da paa en eller anden Klode møder gunstige Livskaar, udfolder deres Liv sig paany.

Ude i Verdensrummet kan de ogsaa møde Støvpartikler, der styrter ind imod en eller anden Sol. Men paa Grund af det fra denne udgaaende saakaldte Straalingstryk og deres egen Lidenhed, vil de dog aldrig naa helt ind til Solens glødende Masse, men holdes i en vis Afstand fra denne, hvor de imidlertid kan komme ind i Planeters Baner og indfanges af disse.

Paa denne Maade mener ARRHENIUS, at Livet, der har bestaaet fra Evighed af, kan være overført fra det ene Solsystem til det andet og saa stadig være begyndt paany at udvikle sig fra de første usynlige Spirer til de højest udviklede Former, selv om denne Udvikling har taget Millioner af Aar. Han tror derfor ogsaa, at flere Kloder end vor er beboede og sandsynligvis med samme Slags levende Væsener, bestaaende af Protoplasma og Celler som vore. —

At Radiumstraaler blandt deres andre mærkværdige Egenskaber tillige skulde have Evne til at frembringe »Liv« i steril Gelatine, hvori der dannedes ejendommelige »Celler« med livlig

Formering, er ogsaa bleven angivet. Men Fænomenet har dog vist sig at være af rent fysisk-kemisk Natur og ikke at have noget med Liv at gøre.

* * *

Dette Udvalg af eksisterende Hypoteser om Livets første Oprindelse paa vor Klode turde maaske have givet et Indtryk af, hvor vanskeligt Problemet i sig selv er, men at det paa den anden Side ikke er helt omsonst at haabe paa en Gang at finde en Forklaring, der lader sig bevise. Man tør saaledes ikke afvise den Mulighed, at der stadig sker en Nydannelse af levende Væsener af livløst Materiale, og at vi maaske en Gang kan opdage de Betingelser, under hvilke dette kan ske. Ti at livløst Stof kan blive levende, naar det blot inddrages i en anden levende Organisme, det ved vi jo forlængst.

Her er maaske ogsaa Vejen, ad hvilken vi skal søge Problemets endelige Løsning, idet vi følger de forskellige Organismers Næringsstoffer paa deres Vandringer ind i den levende Celle, til de der bliver assimilerede og danner levende Stofgrupper.

Men muligt er det jo ogsaa, at en Begyndelse til Liv, hvor det ikke før har eksisteret, aldrig vil findes, fordi Livet som Materien i det hele taget altid har eksisteret og altid vil vedblive at eksistere i dets simpleste Former, i hvilke det ikke er afhængigt af en enkelt Klodes øjeblikkelige Tilstand.

LITTERATUR.

Med Forbigaaelse af de talrige Specialafhandlinger, der er benyttede under Udarbejdelsen af nærværende Bog, men som findes spredte omkring i de forskelligste Tidsskrifter og Beretninger, henvises her blot til et Udvalg af saadanne større Værker og sammenfattede Oversigter (samt enkelte mindre, særlig vigtige Arbejder), fra hvilke man altid vil kunne finde frem til Originallitteraturen om de enkelte Spørgsmaal.

Arrhenius, Sv., Världarnas Utveckling. 2. uppl. 1906.
Aschoff, L., Pathologische Anatomie. I—II. 1909.
Bateson, W., Mendels Principles of Heredity. 1909.
Baur, Erwin., Einführung in die experimentelle Vererbungslehre. 1911.
Bergh, R., Forelæsn. over den alm. Udviklinghistorie. 1887.
— Forelæsn. over den dyriske Celle og de simple dyriske Væv. 1892
Bernard, Claude, Leçons s. les phénomènes de la vie. 1878.
Blarinchem, L., Mutation et Traumatisme. 1908.
Boas, J. E. V., Lærebog i Zoologien. 3. Udg. 1905.
du Bois Reymond, René, Physiologie d. Menschen u. d. Säügethiere. 2. Aufl 1910.
Bonnier, G., et Leclerc du Sablon, Cours de Botanique. I—II. 1901—10.
Bourquelot, E., Les Ferments solubles. 1896.
Boveri, Th., Probleme d. Befruchtung. 1902.
— Zellenstudien. IV. 1907.
Brandt, K., Ueber d. Stoffwechsel im Meere. 1899 & 1902.
Bunge, G., Lehrb. d. Physiologie d. Menschen. I—II. 1901.
Burgerstein, A., Die Transpiration d. Pflanzen. 1904.
Busck, Gunni, Lysbiologi. I. 1904.
Bøving-Petersen, J. O., og Dreyer, W.: Vor Klodes Dyr I—III. 1903.
Bøving-Petersen, J. O., Havets Erobring. 1910.
Chodat, R., Principes de Botanique. 1007.
Claus, C., Lehrbuch d. Zoologie. 5. Aufl. 1891.
Costantin, J., Les végéteaux et les milieux cosmiques. 1898.
Czapek, Fr., Biochemie d. Pflanzen. I—II. 1905.
Dahl, Fr., Kurze Anl. z. Sammeln u. Konservieren von Tieren. 1908.

Danmarks Fauna. Ill. Haandbøger over den danske Dyreverden. Udg. af Naturhistorisk Forening. I—X. 1907—11.
Darwin, Ch., The Variation of Animals and Plants under Domestication. I—II. 1868.
— Atrernes Oprindelse. Paa Dansk ved I. P. Jacobsen. 1872.
— Menneskets Afstamning og Parringsvalget. I—II. Paa Dansk ved I. P. Jacobsen. 1874—75.
2. Udg. af de to foreg. Revideret af Fr. Heide. 1909.
— Insectivorous Plants. 1875.
— The Power of Movement in Plants. 1880.
Dastre, A., Les Anestésiques. 1898.
Davenport, C. B., Experimental morphology. I—II. 1897—99.
— Statistical Methods with special Reference to biological Variation. 2. Ed. 1904.
Déhérain, P., Traité de Chimie agricole. 2. Éd. 1902.
Delage, Yves, et E. Hérouard: Traité de Zoologie concrète. Tome I. La Cellule et les Protozoaires. 1896.
Doflein, F., Lehrb. d. Protozoenkunde. 2. Aufl. 1909.
Duclaux, E., Pasteur. Histoire d'un Esprit. 1896.
— Traité de Microbiologie. I—IV. 1898—1901.
Ehrlich, P., Gesammelte Arbeiten z. Immunitätsforschung. 1904
Ellenberger, W., u. H. Baum: Handb. d. vergl. Anatomie d. Haustiere. 12. Aufl. 1908.
Ellenberger, W., u. G. Günther: Grundr. d. vergl. Histologie d. Säugetiere. 3. Aufl. 1908.
Euler, H., Växtkemi. I—III. 1907—08.
Faust, E. S., Die tierischen Gifte. 1906.
Feddersen, A., Havet. 1903.
Fischer, Alfr., Vorles. üb. Bakterien. 2. Aufl. 1905.
Fitting, H., Die Reizleitungsvorgänge bei d. Pflanzen. 1907.
Flahault, Ch., Les progrès de la géographie botanique depuis 1884. Progressus rei botanicæ. I. 1907.
Francé, R. H., Pflanzenpsychologie. 1909.
Fruwirth, C., Die Züchtung d. landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. I—IV. 1904—07.
Fürth, O. v., Vergleichende chem. Physiologie d. niederen Tiere. 1903.
Galton, Fr., Natural Inheritance. 1889.
Gautier, A., Chimie biologique. 1896.
Gegenbaur, C., Lehrb. d. Anatomie d. Menschen. 7. Aufl. 1903.
Glikin, W., Kalorimetrische Methodik. 1911.
Goebel, K., Pflanzenbiologische Schilderungen. I (1881), II (1891), III (1903).
— Organographie d. Pflanzen. 1898.
— Experimentelle Morphologie d. Pflanzen. 1908.
Graebner, P., Lehrb. d. allg. Pflanzengeographie. 1910.
Green, Reynolds, The soluble Ferments and Fermentation. 1899.
Günther, C., Einführung in d. Studium d. Bakteriologie. 6. Aufl. 1906.
Günther, K., Vom Urtier z. Menschen. I—II. 1909.
Gurwitsch, A., Morphologie u. Biologie d. Zelle. 1904.

Haberlandt, G., Sinnesorgane im Pflanzenreich z. Perception mechanischer Reize. 1901.
— Die Lichtsinnesorgane d. Laubblätter. 1905.
— Die Sinnesorgane d. Pflanzen. 1909.
— Physiolog. Pflanzenanatomie. 4. Aufl. 1909.
— Botanische Tropenreise. II. 2. Aufl. 1910.
Haeckel, E., Natürliche Schöpfungsgeschichte. I—II. 11. Aufl. 1909.
Haecker, V., Zellen- u. Befruchtungslehre. 1899.
— Allgemeine Vererbungslehre. 1911.
Hall, A. D., The Soil. 1904.
Hammarsten, Olof, Lehrb. d. physiol. Chemie. 7. Aufl. 1910.
Handbuch d. pathogenen Mikroorganismen. Hrsg. v. W. Kolle u. A. Wassermann. I—IV. 1902—04. (2. Aufl. 1911 ff.).
Handbuch d. vergl. u. experiment. Entwickelungsgeschichte d. Wirbeltiere. Hrsg. v. O. Hertwig. I—III. [1901—]06.
Hann, J., Handb. d. Klimatologie. 3. Aufl. I—III. 1911.
Hartmann, M., Autogamie bei Protisten u. ihre Bedeutung f. das Befruchtungsproblem. 1909.
Henry, E., Les sols forestiers. 1908.
Hensen, V., Ueber d. Bestimmung d. Planktons. 1887.
Hermann, L., Lehrb. d. Physiologie. 11. Aufl. 1896.
Hertwig, O., Allgemeine Biologie. 2. Aufl. 1906.
Hertwig, R., Lehrb. d. Zoologie. 4. Aufl. 1897.
Höber, R., Physikal. Chemie d. Zelle u. d. Gewebe. 3. Aufl. 1911.
Høffding, H., Den nyere Filosofis Historie. I—II. 1895.
— Psykologi i Omrids. 1911.
Jensen, Orla, Hovedlinjerne i det naturlige Bakteriesystem. Oversigt over Videnskabernes Selskabs Forhandlinger 1908.
Jesionek, A., Lichtbiologie. 1910.
Johannsen, W., Elemente d. exakten Erblichkeitslehre. 1909.
Jost, L., Vorles. üb. Pflanzenphysiologie. 2. Aufl. 1908.
Kassowitz, A., Allgemeine Biologie. I—II. 1899.
Kerner v. Marilaun, A., Pflanzenleben. I—II. 1888—91.
King, F. H., The Soil. 1907.
Kiszkalt, K., u. Max Hartmann: Praktikum d. Bakteriologie u. Protozoologie. 1907.
Klercker, John af, Menniskokroppen. 1902.
Knuth, P., Handb. d. Blütenbiologie. I—III. 1898—1905.
Kobert, R., Lehrb. d. Intoxicationen. 1893.
Kraepelin, K., Einführung in d. Biologie. 2. Aufl. 1909.
Krogh, Aug., Almindelig Naturhistorie og Fysiologi. 1908.
Krapotkin, P., Gensidig Hjælp. Paa Dansk ved Emmy Drachmann. 1906.
Kunkel, A. J., Handb. d. Toxikologie. I—II. 1899—1901.
Lafar, F., Handb. d. techn. Mykologie. I—V. 1903—11.
Lamarck, Jean Baptiste, Philosophie zoologique. 1809.
Landois, L., Handb. d. Physiologie d. Menschen. 1896.
Laveran, A., et F. Mesnil: Trypanosomes et Trypanosomiases. 1904.
Loeb, Jacques, Der Heliotropismus d. Tiere. 1890.

Loeb, Jacques, Einleitung in d. vergleichende Gehirnphysiologie. 1899.
— Die chem. Entwickelungserregung d. tierischen Eies. (Künstl. Parthenogenese). 1909.
Lohmann, H., Untersuch. z. Feststellung d. vollständigen Gehaltes d. Meeres an Plankton. 1908.
Löhnis, F., Handb. d. landwirtschaftl. Bakteriologie. 1910.
Lotsy, J. P., Vorlesungen üb. Deszendenztheorien. I—II. 1906—08.
Malthus, T. R., An Essay on the Principle of Population. 1798.
Marshall, F. H. A., The Physiology of Reproduction. 1910.
Martonne, Em. de, Traité de Géographie physique. Climat. Hydrographie. Relief de Sol. Biogéographie. 1909.
Meddelelser fra Finsens medicinske Lysinstitut. I—X. 1899—1906.
Mendel, G., Versuche üb. Pflanzenhybriden (1865 & 1869). Ostwalds Klassiker d. exakten Wissenschaften Nr. 121. 1901.
Metchnikoff, Élie, Études sur la Nature humaine. 1903.
— Essais optimistes. 1907.
Migula, W., System d. Bakterien. I—II. 1897—1900.
— Pflanzenbiologie. 1909.
Mitscherlich, E. A., Bodenkunde. 1905.
Müller, P. E., Studier over Skovjord. I—II. 1878 og 84.
Nagel, W., Handb. d. Physiologie d. Menschen. I—V. 1904—11.
Nathansohn, A., Der Stoffwechsel d. Pflanzen. 1910.
Nogier, Th., La lumière et la vie. 1904.
Oppenheimer, C., Toxine u. Antitoxine. 1904.
— Handb. d. Biochemie d. Menschen u. d. Tiere. I—IV. 1908—11.
— Die Fermente u. ihre Wirkungen. I—II. 3. Aufl. 1909—10.
Overton, E., Studien üb. d. Narkose. 1901.
Palladine, V., Physiologie des Plantes. 1902.
Pasteur, L., Die in der Atmosphäre vorhandenen organisierten Körperchen, Prüfung d. Lehre von d. Urzeugung (1862). Übers. v. A. Wieler. Ostwald Klassiker d. exakten Wissenschaften Nr. 39. 1898.
— Études sur sa bière. 1876.
Perrier, Edm., Traité de Zoologie. Fasc. I. Zoologie générale. 1891.
Petersen, C. G. Joh., Beretning fra den danske biologiske Station Nr. XX. 1911.
Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie. 2. Aufl. I (1897)—II (1904).
Plate, L., Selektionsprinzip u. Probleme d. Artsbildung — Ein Handbuch d. Darwinismus. 3. Aufl. 1908.
Polowzow, Warwara, Untersuch. üb. Reizerscheinungen bei d. Pflanzen. 1909.
Przibram, Hans, Anwendung elementarer Mathematik auf biolog. Probleme. 1908.
Pütter, A., Die Ernährung d. Wassertiere u. Stoffhaushalt d. Gewässer. 1909.
— Vergleichende Physiologie. 1911.
Ramann, E., Bodenkunde. 2. Aufl. 1905.
Raunkiær, C., Planterigets Livsformer og deres Betydning f. Geografien. 1907.
Ravn, Fr. Kølpin, Forplantning og Arvelighed. 1904.
Richet, Ch., Dictionnaire de Physiologie. I—IX1. 1895—1911.
Richter, P. F., Stoffwechsel u. Stoffwechselkrankheiten. 1911.
Röhmann, F., Biochemie. 1908.
Rosenthal, Allgemeine Physiologie. 1901.

Rubner, Max, Die Gesetze d. Energieverbrauchs bei der Ernährung. 1902.
— Kraft u. Stoff im Haushalte d. Natur. 1909.
Sachs, Hans, Antigene u. Antikörper (C. Oppenheimer, Biochemie, II Bd. I Hälfte). 1909.
Sachs, J., Geschichte d. Botanik. 1876.
— Vorles. üb. Pflanzenphysiologie. 1882.
Sachsse, R., Lehrb. d. Agriculturchemie. 1888.
Schimper, A. F. W., Pflanzengeographie auf physiolog. Grundlage. 1898.
Schmeil, Otto, Lehrb. d. Botanik f. höhere Lehranstalten. 25. Aufl. 1910.
Schmidt, J., og Fr. Weis, Bakterierne. 1899—1901.
Schmidt, J., Fiskeriundersøgelser ved Island og Færøerne i Sommeren 1903 – 1904.
— Contributions to the Life-History of the Eel. 1906.
— Ferskvandsaalens Udbredning i Verden. 1909.
Schneider, K. C., Einführung in die Deszendenztheorie. 1906.
— Vorles. üb. Tierpsychologie. 1909.
Schroeter, C., Das Pflanzenleben d. Alpen. 1905.
Steuer, A., Planktonkunde. 1910.
Strasburger, E., Die Ontogenie d. Zelle. Progressus rei botanicæ. I. 1907.
Tieghem, van, Traité de Botanique. I—II. 1891.
Tigerstedt, Robert, Lehrb. d. Physiologie d. Menschen. I—II. 1905.
Verworn, Max, Allgemeine Physiologie. 4. Aufl. 1903.
de Vries, Hugo, Die Mutationstheorie. I—II. 1901—1903.
Wallace, A. R., The geographical Distribution of Animals. I—II. 1876.
— Darwinism. 1897.
Warming, E., Plantesamfund. 1895.
— Dansk Plantevækst. I—II. 1906.
— Planterigets Livsformer. Universitetsfestskrift. 1908.
— Oecology of Plants. 1909.
Warming, E., og W. Johannsen: Den alm. Botanik. 4. Udg. 1900.
Weismann, A., Vorträge üb. Deszendenztheorie. 2. Aufl. 1904.
Wesenberg-Lund, Plankton-Investigations of the Danish Lakes. I—II. 1904—1908.
Wiesner, J., Biologie d. Pflanzen. 2. Aufl. 1902.
— Der Lichtgenuss d. Pflanzen. 1907.
Wilson, E. B., The Cell in Development and Inheritance. 2. Ed. rev. 1906.
Winkler, H., Über Parthenogenese u. Apogamie im Pflanzenreiche. Progressus rei botanicæ. II. 1908.
Wollny, E., Die Zersetzung d. organischen Stoffe. 1897.
Wundt, W., Vorles. üb. d. Menschen- u. Tierseele. 4. Aufl. 1906.
Ziegler, H. E., Der Begriff d. Instinktes einst u. jetzt. 1910.

REGISTER.

Udarbejdet af stud. polit. SIGV. FOGH.

Aadselædere 299.
Aal 108, 109.
Aandedræt 100, 460; hos Hvedekimplanter i Mørke 127; hos Regnorme 127; intramolekulært 101, 102, 460, 466; normalt 460, 461; som Kilde til Luftens Kulsyre 90; Afhængighed af Temperaturen 133; Livlighed 464; Ophør 31; Styrke hos forskellige Organismer 465.
Aandedrætsenzymer 468; kvotient 463; materiale 462; organer 461.
»Aanderødder« 115.
Abyssal Benthos 369, 383; Region 380.
Abscisseakse 126.
Absolute Nulpunkt 124, 638.
Absorption 200; af Plantenæringsstoffer 93; Jordbundens 201, 236.
Absorptionsspektrum 149, 163; af Bladgrønt 149; af Hæmoglobin 163.
Adhæsion 197.
Adrenalin 249.
Adsorption 197; af Luftarter 199.
Aërobionter 102.
Aërotaksis 514.
Affaldsstof 439.
Afkomsbedømmelse 612.
Afkøling 123.
AGASSIZ 370.
Agglutininer 265.
Akklimatisation 134.
Akromatin 570.
Aksecylinder 58.
Aktiv Næringsoptagelse i Tarmen 433.
Al 242.
Albumose 428.
Alder 497.
Alkaloider 250 256, 263.
Alkohol 103, 432, 487, 489.
Alkoholisk Gæring 467. 472.
Alkohols kaloriske Værdi 486.
ALLEN, F. J. 633.
Alpemaatter 360.
Altædere 97.
Alun i Jordbunden 238.
Amfibieliv 115.
Amfibier 111.
Amidstoffer som Næringsstoffer 98, 432.
Aminosyrer 432.
Amitose 548.
Ammerødder 105.
Ammoniak 86, 220; som Kvælstofnæring 90, som Plantenæringsstof 93, 98.
Amygdalase 414.
Amøber 44, 47.
Anaërobe Mikroorganismer 102, 220, 468.
Anaërobionter 102; fakultative og obligate 102.
ANDERSEN, H. C. 284.
Animalsk Føde 98.
Anlæg 604, 617.
Antigener 265.
Antistoffer 268.
Antitoksiner 265.
Apogami 554, 575.
APPERT 624.
Apposition 502.
APSTEIN, C. 371.
Aralsøens Saltholdighed 223.
Arctogæa 340.
Argon i Luften 217.
ARISTOTELES 11, 622.
Arktiske Tundraer 116.
Aromatiske Alkoholer 263.
ARRHENIUS, SVANTE 266, 636, 640.
Arsenforbindelser i Luften 219.
Arter af sjælelig Virksomhed 527.
»Arternes Oprindelse« 79. 594.
Artsdannelsen i Naturen 594. 605, 611, 615, 619.
Arv, Definition af 616; i biologisk Forstand 617.
Arveenheder 617.

Arvelige Egenskaber 23.
Arvelighed 587; Definition af 616, 617.
Aschan 388.
Assimilation 21, 439, 441.
Assimilationsprodukter 442, 444.
Assimilationsvæv 64.
Association 360.
Atavisme 608.
Atomteori 14.
Atwater 492.
Aurivillius Carl W. S. 371.
Australske Dyrerige 339.
Autogami, hos Metazoër 569; i snævrere Betydning 556, 565, 569, 571; i videre Betydning 555.
Autointoksikation 249, 429.
Autoklave 142.
Autonom Bevægelse 513.
Autotrof Ernæring 417.
Autotrofe Bakterier 95, 423, 475.
— Organismer 85, 417.
Avogadros Lov 202.

Bachmann, H. 371.
Bacillus Azotobacter 434.
— *methanicus* 475.
— *obligocarbophilus* 475.
— *pantotrophus* 475.
— *prodigiosus* 170, 174.
Bakterier 72; i Fordøjelseskanalen 429; i Jordbunden 244; paa Havdybder 385; som Snyltere 314.
Bakteriers Modstandskraft mod Kulde 138; mod Varme 141.
Ballonfart 193.
Basisk reagerende organiske Gifte 263.
Bastarder 605.
Bastardering 619.
Bastcelle 66.
Bateson, W. 610, 640.
Baur, Erwin 610, 640.
Beaufort'ske Vindskala 207, 208.
Befrugtning 554, 561; hos Alger 566; hos Blomsterplanter 566; i Planteriget 565; mellem Cellekærner 571.
Befrugtningsakt 562.
Befrugtningsteorier 570.
Befrugtningens Væsen 570.
Befrugtet Ægcelle 48.
Behring 265.
Bencelle 57, 58.
Benedict 496.
Benhule 57.
Benkanal 57.
Benthos 369.
Benthosdyr 382.
Benvæv 56.
Bernard, Claude 19, 20. 32, 640.
Berson 194.
Beskadigelser 215.
Beskadigelsers Indflydelse paa Aandedræt 464; paa Vækst 507; paa Mutation 601.
Beskyttelse mod Kulde 139; mod Lyspaavirkning 180.
Bestøvning 567.
Bevidsthedstilstande 526.
Bevidst Forestilling 524.
Bevidsthedens Tærskel 525, 538.
Bevægelser 407, 509; Aarsager til 511; fra Stedet 513; fremkaldte ved Tilstandsændringer 204; som Cellefænomener 48, 50, 510.
Bevægelsesevne 24, 407.
Bevægelsesorganer 510, 513.
Bevægelsers Afhængighed af Lyset 164, 166.
Beyerinck & van Delden 475.
Bie, V. 179.
Biers Forstand 542.
Biernes og Myrernes Centralnervesystem 544.
Bindevæv 55.
Binding af Luftens frie Kvælstof 94, 291, 434.
Billeddannelse i Øjet 530; i Planters Overhudsceller 530.
Binomialformlen 595.
Binyrer 249, 452.
Biochorer 350.
Biogen 404.
Biogenhypotese 404.
Biogeografi 326.
Biogeografiske Zoner 340, 342.
Biologi i snævrere og videre Betydning 3.
Biologisk Spektrum 351.
Bionter 404, 405, 409, 417. 547.
Bionternes Forplantning 548.
— Levetid 500.
Bjærgbestigere 194.
Blaa-violette Straalers inciterende Indflydelse paa Nervesystemet 169; paa Vækst 169; dræbende Virkning 177 ff.
Blad 67.
Bladgrønt 64, 157, 171, 173, 420, 442, 444.
Bladgrøntlegemer 49, 64.
Bladlus og Myrer 288.
Blaringhem, Louis 604, 610, 640.
Blastula 579.
Blegsot 97; hos Planter 89.
Blepharoplast 571.
Blindhed 528.
Blodet 60, 436, 462.
Blodkage 437.
Blodkarsystemet 435.
Blodplasma 437.
Blodprop 175.
Blodserum 265, 437.
Blodvæske 61.

Blodets Koagulering 437.
— normale Temperatur 130.
Blomsterdannelse 162.
Blomsterplanter, flydende 112.
»Blomsterure« 520.
Blomstersbestøvning 283.
Blyforgiftning 260.
Blysand 242.
BOKORNY, TH. 442.
BOUSSINGAULT 156
BOVERI, TH. 572, 576, 640.
BOYSEN-JENSEN 389, 415, 472.
BRANDT, K. 371, 389, 393, 640.
BREEMEN, I. P. VAN 371.
Brint 220, som Næringsstof 86.
Brintbakterier 424.
Brintgæring 473.
Brintioner 413, 428.
Brintoverilte 179.
BROWN, ROBERT 40, 42.
BROWN & PICKERING 470.
Brug el. Ikke-Brug af Organer 592.
BRUNNER'ske Kirtler 428.
Brunsttiden 565.
Bruskcelle 66.
Bruskvæv 56.
BRÜCKE, ERNST VON 42.
Brystgangen 438.
Brændinger 213.
Brødets Gæring 472, 473.
— Indhold af Næringsstoffer 97.
BUCHNER, H. 178.
BUFFON 592.
Bugspyt 428.
Bugspytkirtel 429.
BULLOCH-WORKMANN, Fru 193.
Bundvegetation 112.
BUNGE, G. 477, 640.
BUSCK, GUNNI 153, 170, 173, 640.
BÜTSCHLI, O. 140, 570.
Bygningsmateriale 407.
Bygningsstofskifte 441.
Byttedyr 305.
Bælgplanter og Knoldbakterier 291.
Bælgplanternes Knoldbakterier 434.
Bølgeslag 213.
Bølgesvingninger af Lys 146.

Carbonase 462.
Caryosom 572.
CASTLE 610.
Celle 39; som Elementærorganisme 42, 51; Forplantning 548; finere Struktur 403; Vækst 503.
— dannelse 506, 547, 552.
— deling 548.
— død 26.
— kærne 40, 49, 549.
— mellemrum 67.
— plade 550.
Cellepsykologi 18.
— saft 49.
— skema 49.
— slim 9.
— stat 46.
— teori 15, 16, SCHLEIDEN'S og SCHWANN'S 41.
— tvedeling 552.
— typer 50.
— væg 50.
— vægsmateriale 447.
Cellulase 414.
Cellularpatologi 41.
Cellulose 50, 447.
Cellulosefordøjelse 430.
Centralcelle 567.
Centralnervesystem 59, 524. 526, 542.
Centrosomer 49. 549, 556, 562, 572.
CERTES 196.
Chamæfytklima 350.
Chimpansers Forstand 542.
— Hjerne 543.
CHOSSAT 107, 108, 110.
Chylus 433.
Cilier 44, 510, 513, 556.
CLEMENTS, 332.
CLEVE, P. T. 371.
Clostridium Pasteurianum 434.
COLDING 15.
COPE 597.
CORRENS, C. 605.
COWLES, H. 332.
CROOKES, WILLIAM 633.
CUÉNOT 610.
Curare-Gift 259.
CUVIER 622; Katastrofeteori 622.
Cyan 632.
Cytologi 70.

Dadelpalme 116.
DALTON, JOHN 14.
Dannelsesvæv 52. 64, 505.
DARWIN, CHARLES 79, 80, 83, 301, 534, 540, 588, 590, 592, 593, 641.
DARWIN, ERASMUS 592.
Darwinismen, i egentlig (snævrere) Forstand 593, 598; i videre Forstand 593.
DARWIN'S Selektionsteori 618.
— Udviklingslære 592.
DAVENPORT 610, 641.
Definition, paa Livet 19; paa Gifte 247 af Giftighed 248; paa Arv 616.
Degeneration 397.
DELAGE, YVES 576, 641.
Delingskoëfficient 262.
Delingsvæv 505.
Delta 116, 206.
DESCARTES 11.
Destilleret Vand som Gift 248.

Detmer 132.
Diastase 414.
Dietrich 454.
Differenspunkter 609.
Differensrække 126, 515.
Diffusion 201.
Diffussionsevne 411.
Difteriserum 261.
Diosmose 201.
Dioxyacetone 415, 472.
Dissociation 202.
Dissimilation 439, 458.
Dobbeltbefrugtning 616; hos Blomsterplanter 567.
Dobbeltnøglestadium 550.
Dobbeltstjærnestadium 550.
Dobbeltvæsner 75, 289.
Domatier 287.
Doncaster 610.
Dreyer, Georges 173, 174, 175, 176.
Driftshandlinger 540.
Driftskraftskifte 483.
Driftsstofskifte 483.
Druesukker 447.
Drueformig Kirtel 54.
Drukning, Død ved 123.
Drænvand 222.
Drøm 526.
Duft, Blomsters og Frugters 162.
Dug 116, 206.
Dumas 15, 157.
Duodenum 428.
Dvaletilstand 110, 122.
Dybbunds-Region 380.
Dybde- el. Bundstrøm 215.
Dybdefordelingen af Plankton 376.
Dybhavsekspeditioner 363.
Dybhavsdyr 195.
Dybhavsfisk 136, 385.
Dybtgaaende Spaltninger 415.
Dybsøfauna 114.
Dybsøflora 112, 114.
Dyndaflejring 242.
Dyregeografi 326.
Dyrepsykologi 538, 539.
Dyresjælen 539.
Dyrenes Angrebsvaaben 306.
Dyrenes Boliger 296.
— Fordeling 361.
— Formeringsevne 281.
— Forsvarsvaaben 306.
— Intelligens 544.
— Orienteringsevne 533.
— Sansning 535.
— Transpiration 454.
Dyriske Giftes kemiske Natur 250.
Dyrisk Plankton 373.
Dyreverdenen i Havet 382.
Død ved Vandmangel 121.
Døden 24.
»Dødtang« 225.
Dødelige Giftdoser 253.
Døde Hav 223, 226.
Dødt Skeletvæv 508.
Dødelighedsprocentens Nedsættelse 28.

Ebbe 214.
Edafiske Faktorer 354, 355.
Eddikesyre 474.
Effront, J. 467.
Eftervirkninger af Lyspirring 169.
Egenvarme 130.
Ehrenberg 135.
Ehrlich, P. 251, 264, 266, 267, 268, 417, 641.
Ehrlichs Sidekædeteori 266, 417.
Ekmann, S. 371.
Ekskrementer 430.
Ekskreter 459.
Ekskretion 458.
Eksothermiske Processer 470.
Ektoderm 580.
Ektoplasma 405.
Elbens Vand 222.
Elektricitetens skadelige Indvirkning paa Organismer 183.
Elektrisk Klima 186.
Elektriske Lysbade 181.
— Straalearter 147.
— Strømmes Betydning for Planters Trivsel 160.
— Udladninger, svage 184; stille 185.
Elektrokultur 160, 588.
Elementarorgan, Cellen som 40.
Emanation 153.
Embryonalt Væv 70.
Embryologi 578.
Emulsin 414.
Enaarige Planter 347.
Encellede Organismer 43.
Endofyter 298.
Endoplasma 48.
Endozoër 298.
Energi 21, 402, 406, kemisk 21, 409, Lys- 21, 406, 423; mekanisk, elektrisk 406.
Energiens Anvendelse i Organismen 493.
— Konstans, Sætning om 15, 402.
— Udnyttelse 485.
— Omsætning i Organismen 483.
Energiproduktion 98; ved Stofnedbrydning 458, 476.
Energiforbrug, som Udtryk for Stofforbrug 483; ved kemiske Arbejder 496; ved Muskelarbejde 494; ved Vækst, Formering og Sansning 497.
Energiformer 406.
Energigivende Næringsstoffer 487.
Energiskifte 21, 439.
Energitab, i Form af fri Varme ved

Fordampning, ved Ledning, ved Udstraaling 484.
Eng 360.
ENGELMANN 529.
Engelsk Syge 97.
Ensidig Hjælp 293.
— Næring 488.
Ensilage 472.
Entoderm 580.
Enzymer 412.
Enzymernes Afhængighed af Temperaturen 129, 413.
Enzymprocessernes Reversibilitet 414.
Enzymvirkninger 414, 470.
Epidermis 62.
Epifyter 297, 346.
Epithel 53.
Epizoër 298.
Epöker 298.
Eremitkrebsen 288.
Erepsin 414, 429.
Erhvervede Egenskabers Arvelighed 589, 597, 618.
Erhvervet Uimodtagelighed for Gifte 258, 265.
Erkendelse 524.
ERNST, A. 275.
Ernæringsvirksomhed 408.
ERRERA, LÉO 633.
Eruptivbjærgarter 228.
Ætiolement 166.
Evolution 77.
Evolutionsteori 79.
EWALD, CARL 284
Extracellulær Fordøjelse 416.

Facies 360.
Fagocyter 324, 436.
Fakultative Anaërobionter 466.
— Snyltere 312.
»Falsk« Arv 617.
— Befrugtning 616.
Familjeliv indenforDyresamfundene 300.
Familjefølelse hos Dyr 279.
Fanerofyter 346.
Fanerofytklima 348.
Farveindtryk 148.
Faunariger 338.
Feber 130, 322, 464.
FECHNER, G. T. 634.
FEDDERSEN, ARTHUR 370, 641.
Fedtaflejring 106, 489.
Fedtceller 50, 56.
Fedtspaltende Enzymer 429.
Fedtstoffer 9, i Mælk 97, som Oplagsnæring 105, som Næringsstof 492.
Fedtstofresorption 432.
Fedtstoffers kaloriske Værdi 486.
Fedtvæv 56.
Fermenter 412.
Ferske Vandes littorale Benthos 383.
— — Organismer 367.
— — Plankton 378.
Fibrillært Bindevæv 55.
Fibrin 437.
Fibrinogen 437.
Fimreepithel 54.
Fimrehaar 53.
Finjord 230.
FINSEN, NIELS R. 167, 168, 179, 643.
Fiske, som Snyltere 318.
Fjæld 239.
Fladevækst 506.
Fladorme 318.
Flagellater 317.
FLAHAULT, CH. 332, 641.
FLAMMARION, C. 635.
Flint 228.
Flod 214.
Floders Selvrensning 177.
Flodvand 223.
Flogistonlæren 14.
Flora riger 338.
Fluefanger 310, 522.
Flugt 305.
Fluorescerende Farvestof 173.
Flyveapparater 209.
Forbindelsestraade 550.
Forbrug af Stof 84.
Forbrænding 124.
Forbrændingsprocesser 91.
Fordobling af Legemsvægten 498.
Fordærvelse af Fødevarer 425.
Fordøjelse 414, 416; i Maven 427; i Mundhulen 426; i Tarmen 428.
FOREL, F. A. 223, 371.
Forholdet mellem Snylter og Vært 319.
Forkim 567.
Forkølelse 137.
Formaldehyd 442.
Formationer 331; paa Landjorden 353.
Formationslæren 354.
Formeringshastigheden hos *Bacillus ramosus* 127.
Formindskelse af Lufttrykket 193.
Formskifte 22, 407, 500.
Formtilpasning 299.
Formuldning 241.
Forplantning 407, 545; Cellernes 548; kønnet 554; Individernes 552.
Forplantningsdrift 300, 546.
Forplantningsevne 23, 547.
Forplantningsorganers Udvikling 162.
Forplantningsvirksomheden 394.
Forraadnelsesbakteriernes Virksomhed i Tarmen 430.
Forraadsstof 105.
Forraadsvæv 64.
Forskellen mellem Planternes og Dyrenes Vækst 504.

Forstand 537.
Forstandsmæssige Handlinger 541.
Forstoppelse 430.
Forsæbning af Fedtstoffer 433.
Fortyndet Lufts Indflydelse paa Organismer 193, 194.
Fortætning af Vanddampe 124, 206.
Forædlingsarbejde 619.
Fosforsyre som Næringsstof 86; i Vand 221.
Fostertilstand 69, 81, 504.
Fosterudvikling 162, 296, 545; i Dyreriget 578; i Planteriget 582; uden Befrugtning 573.
Fostre af forskellige Hvirveldyr 584.
Fototaksis 514; positiv og negativ 167.
Fototropisme 167, 518.
FOWLER, G. 371.
FRANCÉ, R. H. 544, 641.
Fri Saltsyre i Maven 427.
Frit Kvælstof 86, 93.
FRUWIRTH, C. 610, 641.
Frysning 137; af Vand 205.
Frø i Hvile og Dvale 29.
Frøanlæg 559.
Frøers Følsomhed for Varme 140.
Fylogenese 78, 81, 578.
Fysiologi 4.
— og Psykologi 18.
Fysiologisk tør Bund 355.
Fysiske Bevægelser 509.
Fysisk Sønderdeling af Jorden 235.
Fysisk-kemiske Temperaturkurver 126.
Fytoplankton 375.
Fænotypiske Egenskaber 612.
Fødemidlernes Kalorieværdi 492.
Fødens kunstige Tilberedning 426.
— Kvælstof- og Kalorieindhold 491.
Følebørster 532.
Følehaar 531, 532.
Følelse 524.
Følelsesliv 537.
Føleorganer 61.
Følepapiller 531.
Følesans 531, 535.
Følsomhed 407, 511, 524.
Følsomme Mimose, den 521, 531, 532.

Galde 428.
Galdesure Salte 428.
Galler 508.
GALTON, FRANCIS 595, 597, 641.
GALTONS Tilbageslagslov 596, 612, 614, 618.
Gamet 556, 610; hanlig 556; hunlig 558.
Ganglieceller 59.
Ganglier 58, 528.
Gastrula 579, 580.
GATES 610.
Gavnlige og skadelige Straalearter 155.
GAY-LUSSAC 624.
Gener 604, 617.
Generatio spontanea 623.
— *æquivoca* 622.
Generationsskifte 552, 553, 555, 566.
Generative Celler 555.
Genotypiske Anlæg 612.
Gensidig Hjælp 277, 301.
Geofyter 347.
Geologiske Aflejringer 81.
Geotaksis 514; negativ og positiv 191.
Geotropisme 516; positiv og negativ 190; transversal 191.
Giftbegrebet 247.
Gifte 216, 245, 432, 464; almindelige 256; i Jordbunden 237, 238; organiske 249; som Læge- og Forebyggelsesmidler, som Antiseptika og Desinfektionsmidler, som smertestillende og bedøvende Midler, som Konserveringsmidler 246; som Næringsstoffer 247; specifike 252, 256 uorganiske 248; Mængde og Tilstand 253.
Giftdoser 253.
Giftige Luftarter 219.
Giftplanter 250.
Giftproducerende Dyr 249.
Giftstoffers Dissociationsgrad 255.
— Forekomst og Dannelse 248.
— kemiske Konstitution 264.
Giftvirkninger, almene 251; lokaliserede 251.
Glasaal 109, 110.
Glycerin-Krystaller 633.
Glycerin som Næringsstof 87.
Glykogen 447.
Glykosidase 414.
Glykosider 250.
GODLEWSKI & POLZENIUS 467.
Golfstrømmen 215.
Gorillaens Hjærne 543.
Graa Substans i Hjærnen 60, 543.
GRABER 169.
GRAFE, VICTOR 442.
Gramkalorie 486.
GRAN, H. H. 371.
GREW, NEHEMIAH 39.
Gribetraade 531.
GRUBE, K. 442.
Grundfjeld 227.
Grundforbedring af Jorden 240.
Grundstoffer i den levende Natur 6;
— nødvendige 84.
Grundvand 221.
Grundvæv 64.
Grænsen mellem det livløse og det levende 19.
Gælleprincipet i Vandplanternes Bladbygning 114.

Gærede Drikke 473.
Gæringer 412, 469.
Gæring og Forraadnelse 91.
Gæringsprocesser 460.
Gærstoffer 412.
Gærsvampe 43, 469.
Gødning 93.

Haar 63.
Haarrørskraft 198.
HABERLANDT, G. 530, 533, 534, 642.
Hagel 206.
Hagelskade 206.
Halofyter 238, 355.
Halvsnyltere 316.
HANEL, E. 615.
HANSEN, OLAV 173.
HANSTEEN, B. 445.
Haptofore Atomgrupper 267, 417.
Haptotropisme 519.
HARNACK 480.
HARTMANN, MAX 570, 571, 572, 642.
HARVEY. WILLIAM 11, 629.
HASSELBALCH, K. A. 181.
Havdybder 195.
Havdybenes Naturforhold 363.
»HAVER'ske Kanaler« 57.
Have, Søer og Floder, Livet i 112.
Havets Dyre- og Planteverden 368; Organismer 362; Plankton 374; Produktion og Forbrug 389; Stofskifte og Økonomi 387; Temperatur 365.
Havstrømme 214.
Havvand 223.
Havvandets Viskositet 369.
HÄCKEL, ERNST 301, 370, 595, 630, 642.
HÄCKER, VALENTIN 609, 610, 642.
HÄCKERS Krydsningsforsøg med Akso. lotlen 608.
Hedemor 242.
Heksonbase 432.
Helbredelse 324.
Helbredende Giftdoser 253.
Heliotropisme 167, 518.
Helium 124.
HELLRIEGEL 293.
HELMHOLTZ, HERMANN 15, 16, 626, 635.
HELMONT, VAN 622.
Helofyter 347, 355.
Helsnyltere 316.
Hemikroptofyter 347.
Hemikryptofytklima 350.
Henfald 481.
HENSEN, V. 370, 389, 642.
HENRIQUES & HANSEN 98, 432.
HENRY'ske Lov 262.
Hensigten i Naturen 18.
Hermafroditer 565.
Hermafroditiske Organismer 555.
Hermafroditiske Dyr 302.
HERMANN, L. 404, 642.
Herskende Egenskaber 607.
HERTWIG, OSCAR 42, 560, 576, 642.
— RICHARD 555, 569, 576, 642.
Hestekræfter 495.
Hestens Spolorm 560.
Heterotrof Ernæring 425.
Heterotrofe Organismer 85, 433.
Heterozygoter 611. 615.
Heterozygotisk Individ 611.
Hippursyre 477.
Hjertet 435.
HJORT, JOHAN 371.
Hjuldyr 31.
Hjærne 58, 528.
Hjærnebark 543.
Hjærnefolder 543.
HOBBES, THOMAS 301.
Holarktiske Omraade 340.
Homozygoter 610, 615.
Homozygotisk Individ 610.
HOOKE, ROB. 39.
HOOKE'S Mikroskop 39.
Hud af Pattedyr 54.
Hudlag 48, 405.
Hudvæv 62.
HUITFELDT-KAAS 371.
Humus 241.
Humusaflejringer, sure 242.
Humusjord 241.
Humusstoffer, i Vand 225; neutrale 241.
Humussyre 237. 241; i Vand 225.
Hunger 106—110; Perioder 106.
Hunlig Kønscelle 69, 558.
HURST 610.
HUXLEY, TH. 301, 595, 631.
Hvide Blodlegemer 436.
Hvid Substans i Centralnervesystemet 60.
Hvile 29.
Hvilende Energi 154, 409.
Hvileperiode 29, 121.
Hvirveldyrfostre paa forskellige Udviklingstrin 582.
Hybrider 605.
Hydrofyter 347.
Hydrolyse 414, 428, 470, 471.
Hydroterm 344.
Hydroxylioner 413.
Hygrofyter 354.
Hypophysis 452.
Hypertrofi 322, 508.
Hyperæmi 175.
Hæmoglobin 163, 171, 200, 436, 462.
Hæmolyse 266.
Hæmolysiner 8, 266.
Hæmosporidier 317.
Hævninger 228.
HÖFFDING, H., 540, 642.
HÖHNEL, VON 453.

Højderegioner 342.
Højere Sjæleliv 538.
Høreblære 61.
»Hørestene« 534.

Idealister 17.
Idiosynkrasi for Gifte 258.
Ilt, i bunden Tilstand 100; den frie 100; i Luften 217; som Gift 102; som Kilde til Energi 100, 460; som Næringsstof 86, 100, 419.
Iltens Opdagelse 13.
Iltningsgæringer 470, 471; ved Enzymer 415.
Iltprocenten i Atmosfæren 192.
Iltspænding 102.
Imbibition 198.
Immaterielle Straalearter 146.
Immunitet 256, 265; aktiv og passiv 269: mod Snyltere 323.
Indiske Omraade 340.
Individ 71.
Individets Død 26.
Individuel Modtagelighed for Gifte 258.
Indtægt 482.
Infusionsdyr 43.
Inkubationstid 265, 268.
Insekter som Snyltere 318.
Insektædende Planter 309, 522.
Instinkt 525, 537.
Instinkthandlinger 539, 541.
Intercellularer 67.
Intercellularsubstans 50.
»Internationale Havundersøgelser« 371.
Intracellulær Fordøjelse 416.
Intramolekulært (anaërobt) Aandedræt 460, 466.
Intramolekulære Spaltninger 470, 471.
Intussusception 502.
Invertase 414.
Inverterende Enzym i Tarmen 429.
Ioner 201; frie 202.
Irritabilitet 23, 407, 511, 523.
Irritament 511.
Isens og Sneens Smeltning 205.
Isogameter 567.

Jaccard, P. 193.
Jacobson 173.
Jansen, Hans 170, 173, 176.
Janssen, Hans, og Zacharias 38.
Jennings, H. S. 615.
Jensen, C. O. 615.
— Orla 470, 642.
Jodprøve for Kulsyreassimilation 422.
Johannsen, Wilhelm 612, 613, 642.
Jomfrufødsel 554, 573.
Jordarternes Varmefylde 233.
— Varmeabsorptionsevne 233.
— Varmeindsugningsevne 234.
Jordarternes Varmeledningsevne 234.
— Varmeudstraalingsevne 234.
— Vægtfylde 233.
Jordbundens Absorptionsevne 201, 236.
— Adsorption 237.
— Beskaffenhed 117.
— Bygning 231.
— geologiske Oprindelse 227.
— Hygroskopicitet 231.
— Næringsstofbeholdning 237.
— Stofskifte 243.
— Temperatur 122.
Jordens Egenvarme 123.
— nordlige Kuldepol 138, 325, 341.
— Porøsitet 117.
— Tiltrækning 189.
Jordluften 218.
Jordklodens Udvikling 81.
Jordplanter 347.
Jordskorpeplanter 347.
Joule 15.
Juel, O. H. 574.
Jærn, i Vand 221; som Næringsstof 86.
Jærnsalte i Vandet 221.
Jørgensen, E. 371.

Kalisalte som Gifte 248.
Kalium som Næringsstof 86.
Kalk, som Næringsstof 86; i Vand 221.
Kalkjord 240.
Kalksalte i Vand 221.
Kallus 505.
Kalorie 471, 486, 490, 500.
Kalorieforbrug 490; pr. Kilo Legemsvægt 499; under Cyklekørsel 495.
Kambium 65, 506.
Kamferarter 250.
»Kampen af alle mod alle« 300.
Kampforhold 299.
Kampen for Tilværelsen 83, 394, 594.
Kamp mellem Planter 304 og Dyr 305, 307.
Kampen mod Lyset 164, 165.
Kandebærer 311.
Kapillaritet 198, 232.
Kapsel 50.
Karyokinese 549.
Kar 50, 65.
Kardinalpunkter i Temperaturkurver 126; for Lysgradernes biologiske Virkninger 155.
Karstræng 65.
Kaserer, H. 475.
Kastrationsforsøg med Planter 575.
Katalysatorer 200.
Kathodestraaler 146.
Kelvin, Lord 636.
Kemiske (aktiniske) Straaler 148.
Kemisk Forvitring 235.
— Pirring 532.

Kemotaksis 514.
Kemosyntetisk Kulsyreassimilation 423, 474.
Kilde 116.
Kildekalk 221.
Kildevand 221, 222.
Kilogram-Kalorie 471, 486.
Kilogrammeter 495.
Kim 69.
Kimblad 580.
»Kimblæren« 559.
Kimdannelse hos Blomsterplanter 583.
»Kimpletten» 559.
Kimsæk 566, 559.
»Kimærer« 616.
KIRCHNER, O. 371.
Kirtelcelle 63.
Kirtler 452; drueformede, rørformede 54.
KITASATO 265.
KJELLMANN 138.
Klatreplanter 298.
KLEBS, G. 574.
Klitter 211.
Klodernes, Luftens og Vandets Bevægelser 509.
Klor, i Vand 221; som Næringsstof 86.
Klorofyl 64, 157.
Klynger 120.
Kløvning af Æg, diskoidal 581; inækval 580; ligelig 579; partiel 581; total 580, ækval 579.
Knopdække 139.
Knopmutation 616.
Knopskydning 552.
KNØRRICH 390.
Koagulation 130, 135, 143, 204.
Koagulering af Ostestof 428.
Koblingsspore 568.
KOCH, ROBERT 319.
KOFOID, C. A. 371.
Kogsalt i Jordbunden 238.
Kolde Bade 494.
Kolde ell. arktiske Zone 341.
Kollenkymcelle 66.
Kolloider 172, 202, 411.
Kolloidernes Adhæsionsevne 199.
Koloni 72; af ensartede Personer 73; af flere uensartede Personer 75.
Kolonidannende Infusionsdyr 73.
KOLSTER 173, 175.
Kombination af Egenskaber 609.
Kommensalisme 287.
Komprimeret Lufts Indflydelse paa Organismer 193.
Kondensation 451.
Konjugation 556, 569.
Konkurrence om Livsfornødenheder 303.
Konservering 425; ved Kulde 140.
Kontraktil Substans 511.
Kontraktion af Muskelceller 520.
Kopulation 556, 567.
Koraldyr 73, 74.
Koralsand 240.
Koralstok 228.
KORSCHINSKY 593.
Kork 63.
Korkkambium 64.
Korkpore 63.
Korkstof 64.
Kornblomst 522.
Korpuskuler 20.
Kortcelle (Parenkym) 50, 66.
Kosmisk Støv 638.
Kosmozoër 635.
KOSTYTCHEW 67.
Kraftforbrug i den levende Celle 409.
Kraftveksel 21, 407, 458, 482.
Krakatau 274.
Krat 356.
Krebsdyr som Snyltere 318.
Kritisk Temperatur 192.
KROGH, AUG. 218, 219, 642.
Kromatinkorn 549.
Kromatinsubstans 49, 570.
Kromatoforer 44.
Kromosomer 550, 559, 611.
Kromosomtal 551, 552, 554; overskydende 563,
KROPOTKIN, PETER 301, 642.
KRUYFF, DE 275.
KRÜMMEL 388.
Krydsning 555, 587.
Kryptofyter 347.
Krystallers Vækst 23, 502.
Krystalloider 202, 412.
Kuldedød 137, 139.
Kulde, Indflydelse paa Energitabet 485; Modstandskraft mod 137.
Kuldepunkter 536.
Kuldesansen 535.
Kulhydrater 9, 432; i Mælk 97.
Kulhydraters kaloriske Værdi 486.
Kulilte 220.
Kulstoffets Kredsløb 90.
Kulstof som Næringsstof 86.
Kulsur Kalk i Jordbunden 238.
Kulsure Salte 92.
Kulsyreassimilation 85, 154, 420, 441; hos *Prunus laurocerasus* 127; ved lav Temperatur 135; kemosyntetisk 423, 474
Kulsyre, i Luften 217; i Vand 221; som Gift 219; som Næringsstof 85, 420.
Kulsyrekilder 90.
Kulsyreligevægt i Luften 92.
Kulsyreoptagelse 156.
Kulsyreudstrømning fra Jordens Indre 91.
Kunstig Deling af Organismer 553.

Kunstigt Udvalg 594; Parthenogenese 576.
KÜTZING, FR. 474.
Kvindemælk 96, 457.
Kvotientrække 126, 515.
Kvælstof i Luften 217; som Næringsstof 86.
Kvælstofassimilation 94.
Kvælstofbinding 291, 434.
Kvælstoffets Kredsløb 93.
Kvælstoffri Kost 487.
Kvælstofhunger 488.
Kvælstofligevægt 488; i Jordbunden 94.
Kvælstofnæring 98, 433.
Kvælstofudskilning 488.
Kystliv 114.
Kytter 211.
Kær 360.
Kærlighed mellem Dyr 301.
Kærnedeling, direkte 548; indirekte 549.
Kærnehinde 49, 549.
Kærnelegeme 49, 549.
Kærnemælk 429.
Kærneplade 550.
Kærnesaft 49, 549.
Kødspisere 97, 493.
Kødædende Planter 309, 532.
Kønscellers Modning 559, 561.
Kønskærne 43, 556.
Kønsløse Formeringsceller 553.

Lactacidase 472.
LAGERLÖF, SELMA 284.
LAMARCK, JEAN BAPTISTE 79, 592, 600, 642.
Lamarckiana-Natlys 600, 602.
Lamarckisme 597, 618.
Lamarckister 598.
LAMARCKS Udviklingslære 592.
Landets Flora og Fauna 111.
Landjordens Organismer 333.
Landorganismer Bygning 117.
— Iltbehov 101.
Landskala for Vindstyrke 208.
LANG 610.
Langcelle (Prosenkym) 50, 66.
Latent Liv 19, 29.
Lavamasse 228.
Lavarter 76, 272, 290.
LAVOISER 13, 460; Sætningen om Materiens Konstans 14.
Ledning, af Pirring 523, af Sanseindtryk 528; af Næringsstoffer 435.
Ledningsstræng 65, 435.
Ledningsvæv 65.
LEEUWENHOEK, ANTONY VAN 38, 40, 623.
Legemets Varme 465.
— Varmeregulering 494.
— Varmetab 493.
Lejlighedsvise Snyltere 312.
LEMSTRÖM, SELIM 160.
Leptocephaler 108, 109, 110.
Lerjord 239.
Lermuld 241.
Leukocyter 436.
LEVANDER, K. M. 371.
Levende Celle som osmotisk Apparat 203.
— Cellers Imbitionsevne 199.
— Maskiner 403.
— Maskiners Ydeevne 402.
Leverikte 320.
Leversekret 428.
Levetid 497, 498.
LIDFORSS, BENGT 139, 603, 604, 610
LIEBERKÜHN'ske Kirtler 428.
LIEBIG, JUSTUS VON 15, 157,
Ligevægtssanseorganer 61, 534.
Liggifte 250.
Lind, Tværsnit af 3-aarig 68.
Linin 49. 549.
LINNÉ 80, 591.
Lipase 414, 429.
Lipoider 9, 263, 406, 447.
Lithofyter 355.
Littoral (Kyst-) Benthos 369, 380.
Livets første Oprindelse 620.
Livsenheder 71; mindste 404.
Livsformer 329, 331.
— og Samfund i Vandet 369.
Livsformernes Fordeling 343.
Livskraft 11.
Livsstof 7.
LODGE, OLIVER 160.
LOEB, JACQUES 515, 577, 642, 643.
LOHMANN, H. 389, 643.
Lokale- og Fjern-Virkninger af Gifte 258.
Lokal Vækst 506.
Luftarter i Vand 224.
Luftarters Absorption i Væsker 200.
— Rumfangsformindskelse ved køling 124.
Luften 217, i Jordbundens Porer 218, i Skolestuer 219.
Luftens Indhold af forskellige Stoffer 217.
— Kulsyreprocent 91.
— Sammensætning 217; i lukkede Rum 218.
Lufthavets samlede Kulsyrebeholdnin 90.
Luftkanalsystem 67.
Luftplanter 346.
Luftskippere 194.
Luftstrømninger 207; svagere 208.
Lufttryk 191; i højere Luftlag 192.
Lugteorganer 533.
Lymfen 60, 438.

Lymfekar 433.
Lymfekarsystem 438.
Lymfekirtler 439.
Lynets Indflydelse paa Dyr 185.
Lynnedslag 184.
Lysbade 176, 181.
Lysbehandling mod Lupus og andre Hudsygdomme 179.
Lysbehov, Organismernes 156
Lysenergi 443.
Lyserythem 176.
Lyset i Vandet 365.
Lysfølsomhed 172.
Lysindtryk 528.
Lyskilder, kunstige og naturlige 151.
Lysmaaling 150.
Lys og Liv 143.
Lyspirring 530.
Lysplanter 158.
Lysproduktion 496; hos Dybhavsdyr 386.
Lysets Absorption 148.
— bakteriedræbende (bactericide) Egenskaber 177.
— Betydning for Kulsyreassimilationen 157, 423.
— Bevægelse 146.
— biologiske Virkninger 153.
— Brydning 146.
— dræbende Egenskaber 180.
— Forplantning 145.
— forskellige Sammensætning 159.
— inciterende Indvirkning paa Dyr 167.
— Indflydelse paa Organers Udvikling og Udformning 162; paa Planternes Vækst 165; paa Stof- og Energiskiftepocesser 161.
— Indvirkning paa fotografisk Papir 148, 150.
— Kemiske Virkninger 148, 171.
— Kvalitet 158.
— Natur 145.
— Refleksion 148.
— Spredning 146.
— Virkemaade ved levende Stof 181.
— vækstthæmmende Indflydelse 165, 507.
Lysstraalernes Absorption 152.
— Bølgebredde 147.
— Indflydelse paa Kulsyreassimilationen 443.
— Penetrationsevne 169.
— Svingningstal 147.
Lysstyrke 155.
Lysstyrkens biologiske Betydning 158.
Længdevækstens Lokalisation 505.
Løbeenzym 428.
Løbe i Maven 427.
Løvdækket paa Jordbunden 211.
Løvfald 121, 480.
Løvfældende Skove 356.

MADSEN, THORVALD 266.
MAETERLINCK 284.
Magnesiasalte i Vand 221.
Magnium som Næringsstof 86.
Maksimum 125.
Maksimumstemperatur 126.
Malariasnyltere 317.
MALPIGHI, MARCELLO 39, 41.
Maltase 414.
MALTHUS 301, 594 643.
Mangecellede Forplantningsorganer 553.
Mangedeling 552.
Mangrovesump 115.
Masseforøgelse 502.
Materien 6.
Matriarkat 282.
MATTHÆI, GABRIELLE 128.
Mavesaft 427.
MAYER, ROBERT 15.
Medfødt Modtagelighed overfor Gifte 265.
Megafanerofyter 346.
MEISLING, AAGE 171.
Mekanisk Bearbejdning af Føden, i Mundhulen 426, i Tarmen 430.
— Kraft 21.
— Pirring 531.
Mekaniske Kræfters biologiske Virkninger 187.
MENDEL, GREGOR 590, 605, 606, 642.
»Mendelisme« 609.
MENDEL'ske Love 605, 609, 619.
»Mendle« 609.
Menneskeblodets Sammensætning 438.
Menneskefoster 582.
Menneskeracers Hjærne 543.
Menneskets daglige Kost 492.
— Energibehov 486.
— Ernæring 426.
— Kvælstofbehov 486.
— Næringsmidler 426.
Menneskeurin 478.
Menstruation 456, 565.
Merogoni 576.
Mesoderm 580.
Mesofanerofyter 354.
METCHNIKOFF, ÉLIE 429, 643.
Methan 220.
Methanbakterier 424.
MEYER, HANS 262.
Miceller 198.
Middeltemperatur 341.
Midlertidige Snyltere 312.
Mikrober 623; i Støv 628.
Mikrofanerofyter 347.

Mikroorganismer i Jordbunden 244.
Mikroskop 38.
MILLARDET 610.
Milten 439.
Mimikry 299, 306.
Mimosa pudica 521.
Minimum af Æggehvidestof i Næringen 491.
Minimumstemperatur 125.
Minusvarianter 595.
Mistelten 75.
Mitose 549.
Moderkærlighed hos Dyr 295.
Modgifte 261.
Modtagelighed 511; for Gifte 252.
Modtagelse af Pirringsindtryk 528.
MOHL, HUGO VON 15, 42.
Moldaus Vand 222.
MOLISCH, HANS 160.
Molér 228.
Monérer 631.
MONRAD AAS 193.
Morfologi 37.
MORGAN 610.
MORGENROTH 266.
Morild 378.
Moræne 228.
Moræneler 228, 240.
Mose 114, 360.
Mosevand 222.
Motoriske Nerver 60, 536.
Mucor 72.
Muld 241.
Muldjord 241.
Mumiehvede 30.
Mundaabning 43.
MURRAY, JOHN 370.
MURBECK, SV. 574.
Muskelbevægelser 520.
Muskelceller 50, 511; glatte og tværstribede 55.
Muskelvæv 54, 513.
Mutation 83, 587, 593, 598, 619; ved kunstig Indgreb 604.
MÜLLER, JOH. 370.
— P. E. 325, 643.
Mykorrhizadannende Svampe 434.
Mykorrhizer 76; ektotrofe og endotrofe 290.
»Myrebrød« 285.
Myreelskende Planter 285.
Myrernes Husdyrhold 288.
Mælkekirtler 456.
Mælkesaft 66.
Mælkesammensætningen hos forskellige Dyr 457.
Mælkesekretion 455.
Mælkesyre 415.
Mælkesyrebakterier 471; i Maven 429.
Mælkesyregæring 471.
Mælk som Modgift 261.
Mørke Straaler 145, 147, 148.

Nanofanerofyter 347.
Narkotikas Virkning 262.
Narkotiserende Gifte 246.
Narkotiske Giftes Indvirkning paa Sanseorganer 537.
Nassula 43, 45, 173.
NATHANSOHN, A. 389, 393, 537, 643.
Natrium som Næringsstof 86.
Natron i Vand 221.
Naturfilosofiske Tidsalder 12.
Naturlige Næringsmidler 491.
Naturligt Udvalg 593, 594.
Naturopfattelse, mekanisk eller materialistisk 16.
NÄGELI, CARL 632.
NEEDHAM, JOHN 623.
Nedbør 116.
Nekrobiose 26.
Nekrofager 299.
Nekrose 175.
Nekton 369.
NEMEC 533, 534.
Neogæa 339.
Neritisk (Kyst-) Plankton 369, 375.
Nervecelle 58.
Nervesystem 523, 528, 536, 543.
Nervetraad 58, 59, 535.
Nervevæv 58.
Netkar 65.
Netto-Kalorier 487.
NILSSON-EHLE 610.
Nitragin 291.
Nitrifikation 95, 474.
Nitrifikationsbakterier 474.
NOLL 533.
NOORDEN, VON 490.
NORDQUIST, O. 371.
Normalspektrum 351.
Normaltemperatur 130.
Notogæa 339.
Nulpunkt, absolute 124.
Nutation 516.
Nydannelse af Organer 506.
Ny-Lamarckister 598.
Ny-Vitalister 17.
Nældekapsel 53.
Næringskrav 84.
Næringsmangel 102, 104.
Næringsmidler 410, 433.
Næringsmidlernes Næringsværdi 491.
Næringsopløsning for grønne Planter 87
Næringsoptagelse 410, 434.
— Organismernes 17.
— periodisk 104
Næringssalte 419.
Næringsstoffer 83, 410, 416, 433; i Jordbunden 234; i Overflod 104.

Næringsstoffernes Forbrændingsvarme 483, 486.
— kaloriske Værdi 486.
— Kredsløb i Havet 388.
— — i Naturen 90.
— Mængde 102.
Næringsstofkilder 86.
Nødvendige Grundstoffer for grønne Planter 88.
Nøgne Celler 50.

Oase 359.
Obligate Anaërobionter 102, 466.
Oceanisk Plankton 375.
Oenothera gigas 602.
— *Lamarckiana* 600.
— Mutation 601.
— *rubrinervis* 602.
Okkeraflejring 221.
Oksydase 415, 462.
OLIVER, F. W. 332.
Omgivelsernes stoflige Beskaffenhed 216.
Omordningsstadium 550.
Omsorg for Afkommet 294.
ONNES 124.
Ontogenese 78, 81, 578.
Opbevaring af Gifte 255.
Opbygningsprocesser 447.
Opdragelse hos Dyr 297.
Oplagsnæring 105, 450.
Opsoniner 265, 324.
Optimum, for Temperatur 125; for Lysstyrke 155.
Optimumstemperatur 126.
Optøning 138.
Orangutangens Forstand 542.
Ordinat 126.
Organers Bygning 52.
Organisation af det levende 20.
Organiske Stoffer i Vand 221.
— Reservestoffer 449.
Organismernes geografiske Udbredelse 82, 325.
— samlede Energiforbrug under hele Livsløbet 497.
Organismer med ubegrænset Levetid 25.
Osmose 201.
Osmosens Love 202, 411.
Osmotiske Kræfter 411.
— Spændinger 406.
— Virkninger af Havvand 226.
Osmotisk Tryk 202.
— virkende Salte i Jordbunden 419.
OSTENFELD, C. H. 371, 610.
Ostes Modning 473.
Otolither 534.
Ovarier 559.
Overernæring 103.
Overhud 62.
Overhudsceller som Sanseorganer for Lysindtryk 529.
Overfladeenergi 197.
Overfladeliv 114.
Overfladespænding 197.
Overfladestrøm 214.
Overgang fra livløst til levende 21.
Overgrund 236.
Overnaturlige Kræfters Indgriben i Livsprocesserne 18.
Oversvømmelse 206.
OVERTON, E. 262, 263, 643.
Ovocyter 561, 562.
Oxalis's Søvnbevægelser 521.
Oxylofyter 355.
Ozon 179.

PALLADIN 67, 643.
PALLADIN & KOSTYSCHEW 467.
Pankreas 429.
Pankreasdiastase 429.
Pankreassaft 429.
Panspermien 635.
PAPINS Gryde 142.
Parasiter 98, 312, 425.
Parasitisme 312.
Parenkymcelle 50.
Parring 555, af Hermafroditer 565.
Parringsakt 302, 555.
Parringskampe 301.
Parringslem 565.
Parthenogenese 552, 554, 573, hos Planter 574.
Parthenogenetiske Generationer 574.
Partialtryk, Iltens, Luftarters 192.
Partiel Død 26.
Passatvinde 214.
Passiv Immunisering 265.
PASTEUR, LOUIS 141, 474, 626, 627, 643.
Pattedyrs Mælk 456.
PAULSEN, OVE 371.
PAVILLARD, J. 371.
PENZIG, O. 275.
Pepsin 414, 428, i Maven 427.
Peptase 127, 414.
Perception af Pirring 528.
Perceptionstiden 537.
Peridineer 44.
Peristaltiske Bevægelser 427.
Person 73.
PETERSEN, C. G. JOH. 389, 643.
PETTENKOFER 492.
PFEFFER, W. 202, 467, 468, 528, 643.
PFLÜGER, E. F. W. 404, 466, 468, 632.
PICTET, R. 137.
Pirring 512.
Pirringskæde 528.
Pirringsmidler 511.
Pirringstærskel 537.
Plankton 112, 189, 369, 370.

Planktonets Artssammensætning 377.
Planteføde 98.
Plantegeografi 326.
Plantegifte 250, 264.
Planteklima 351.
Plantekost 493.
Plante-Plankton 372.
Plantepsykologi 538, 544, 545.
Planter og Myrer 285.
Planters »Blod« 67.
— Cellesaft 448.
— Forsvarsmidler 308.
— Kamp om Lys 157.
— Næringsstoffer 86.
— Transpiration 453.
— Værn mod Vindene 213.
— Økonomi med Vandforbruget 119.
Plantesamfund 330.
Plantesøvn 520.
Planteverdenen i Havet 380.
Plantevæv 62.
Planteædende Dyr 307.
Planteædere 97.
Plasmolyse 204.
Plasticitet hos levende Væsener 121.
Plastider 49.
Plastisk Ler 240.
Plusvarianter 595.
Podningsbastarder 616.
Polardyr 139.
Polcelle 562, 572.
Polkappe 550.
Pollegemer 549, 551, 556.
Polygami 282.
Population 614.
Porekar 65.
Potentiel Energi, i Næringsstoffer 483; i organiske Stoffer 449.
POTT 234.
POUCHET 626.
PREYER, WILLIAM 634.
PRIESTLEY, JOSEPH 12, 13.
PRINGSHEIM 537.
»Probier« 632.
Produktion og Forbrug af organisk Stof i Havet 388.
Progressiv Artsdannelse i Naturen 611.
— Mutation 603.
Proportionalitetskurve 126, 127.
Prosenkym 66.
Proteolytiske Enzymer 127, 414.
Protistriget 71.
Protoplasma 9, 42, 48.
Protoplasmaets Vandindhold 99.
Protoplasma-Hudlag 48, 203, 405.
Protoplasmastrænge 532.
PROWAZEK 570.
Prunus laurocerasus 128.
PRYTZ, K. 153.
Præcipitiner 8.
Psammofyter 355.
Pseudogami 616.
Pseudopodier 44, 510.
Psykisk Arbejde 496, 523.
Psykiske Funktioner 408, 523, 537.
Psykofysiske Metoder 538.
Psykrofyter 355.
Ptyalin 426.
Pubertet 546.
Pulserende Vakuole 43, 510.
PUNNET 610.
Purinstof 491.
Purpurbakterier 160, 423.
PÜTTER, AUGUST 389—393, 643.
PYRNAERT 132.

QUETELET 596.

RAAB 173.
Raadplanter 98, 299.
Radiolarie 51, 72.
Radiumemanation 182.
Radiumstraaler 147, 182, 639; α, β og γ-Straaler 153.
RAMANN, E., 222, 237, 643.
RAUNKIÆR, CHR. 332, 336, 338, 342, 343, 344, 574, 643.
Reaktion paa Pirring 528
Reaktionshastigheden 128.
Receptorer 268, 417.
REDI, FRANCESCO 622.
Reduceret Kromosomtal 554.
Reduktionsdeling 559, 563, 567, 568, 570, 575.
Refleks 525, 539, 540.
Refleksbevægelse 525.
Regeneration 505, 586.
Regenerationsforsøg 586.
Regn 206, 221.
REGNARD 196.
Regnorm 77.
Regnvand 221.
Rekonstruktion 397.
Relikter 328.
Rene Linjer 612, 618.
Reservenæring 105, hos Infusionsdyr 108.
Reservestoffer 449.
Respiration 460.
Resorption af Næringsstoffer 430.
Retningslegeme 562.
RICHTER, H. E. 635.
Ringkar 65.
Rod 67.
Rodhaar 418.
Rodknolde 292.
»Rodsyrer« 418.
ROGER 196.
ROSENBERG, O. 575, 610.
ROSSEAU, JEAN JACQUES 299.

Rovdyr 305.
Rubenson 193.
Rubner, Max 391, 404, 470, 492, 497, 499, 547, 644.
Rubus-Mutation 604.
Rudimentære Organer 81.
Rygmarven 58, 60, 528.
Røde Blodlegemer 61, 436.
Røntgenfotografering 183.
Røntgenstraaler 147, 152, 182.

Sachs, Julius 231, 266, 644.
Saftspænding 203.
Salpeterbakterier 95, 423, 474.
Salpeter i Jordbunden 238.
Salpetersure Salte som Kvælstofnæring 90.
Salpetersyre 86, 93, 220.
Saltholdigheden i Havet 224.
Saltstepper 360.
Samfund 329, 353.
Samfundsaanden i Dyreverdenen 282.
Samlivet mellem Dyr 288.
Sammenvoksning af Individer 77.
Sand 230.
Sandjord 239.
»Sandknog« 211.
Sandkultur 87, 89.
Sandmuld 241.
Sanseapparater 528.
Sanseceller 527.
Sanseepithelier 527.
Sanseorganer 60, 527, 539; for kemisk og mekanisk Pirring 532; for Tyngdekraftens Paavirkning 533; hos Planter 535; til Optagelse af Lysindtryk 163.
Saprofyter 98, 299.
Sargassotang 112, 376.
Saunders, Miss 610.
Sausure, Th. de 156.
Savanner 356.
Schaudinn, Fr. 570, 571.
Scheele, C. V. 13.
Schimper, A. F. W. 224, 331, 644.
Schleiden, M. 15, 40, 43, 51.
Schmidt, Johs. 108, 644.
Schroeter, C. 332, 371, 644.
Schroeder & Dusch 625.
Schultze, Max 42.
Schulz, Hugo 140.
Schulze, Franz 624.
Schwann, Theodor 15, 40, 44, 51, 625.
Schwann'ske Skede 58.
Sedimentbjærgarter 228.
Sekreter 407, 440, nyttige 451.
Sekretion 451; af Kønsceller 452.
Sekundære Kønskarakterer 303.
Sekundær Tykkelsevækst 506.
Selektionsteorien 590, 593.
Selvavl 622.
Selvbefrugtning 544, 555, 565, 567.
Selvforgiftning 249.
Selvmord 398.
Selvopholdelsesdrift 300, 396.
Selvregulering 23.
Senebier, Jean 156.
Sensibilisation 171, 172.
Sensible Nerver 60, 536.
Senevæv 55.
Serum 324.
Serøs Infiltration 175.
Shull 610.
Sirør 50, 66.
Sivel 193,
Sjæl 18, 524.
Sjælelige Processers Karakter 18.
— Virksomheder 523, 537.
Sjæleliv hos Planter 544, hos Protozoër 544.
Skabelse 80, 591, 621.
Skabelsesakt 21, 622—634.
Skabelsesteorier 79, 622, 623, 630, 633.
Skeletjord 230.
Skeletvæv 66.
Skindød 32.
Skjoldbruskkirtel 452.
Skovens Dyr 361.
Skovformation 355.
Skruekar 65.
Skrumpning 199.
»Skrækbevægelser« 167, 515.
Skyer 217.
Skyggeplanter 158.
Slam 230.
Slangegifte 264.
Slemningsanalyse 230.
Slid 481.
Slimhinde 53.
Slyngplanter 298.
Slyngtraade 531.
Slægtskab 591.
Smagssans 532.
Smith, J. 574.
Smitte 315, 321.
Smitsomme Sygdomme 315.
Smitteveje 321.
Smertefornemmelse 322.
Smertesans 535.
Smørsyregæring 473.
Snefog 211.
Snetryk 207.
Snegles latente Liv 31.
Snyltedyr 98, 317, 425.
Snylteforhold 75.
Snylteliv 312.
Snyltende Blomsterplanter 316.
Snylteplanter 314.
Snylternes Angrebsmidler 321.
— Formeringsevne 313.

Snyltesvampe 315.
Soda i Jordbunden 238.
Solbade 170, 181.
Solbrændthed 176.
Soldug 309, 522.
Solens Straalingstryk 638.
— Lys 148, 151, 155; Varme 123, 124.
Sollysets Spektrum 149.
Solskoldethed 176.
Somatiske Karakterer 610.
Sortehavets Bund 225.
Sortjord 243.
SPALLANZANI, LAZZARO 623.
Spalteaabning 63, 118, 420.
Specifike Næringsstoffer 416.
SPECK 496.
Spektrets Straalearter 147.
Spektrum 146; biologisk 351.
SPENCER, H. 597.
Spermatide 562.
Spermatocyter 561.
SPINELLI 193, 194.
Spiringstemperatur 132.
Spontane Handlinger 539.
Sporer 566.
Sporozoër 317.
Spyt 426.
Stadige (stationære) Snyltere 313.
STAHL, ERNST 11, 14.
Stammens Udvikling 81.
Statocyster 533.
Statolither 533.
Stavbakterier 25.
Steapsin 429.
Stedsegrønne Blade 480.
— Løvtræsskove 356.
— Skove af Naaletræer 356.
St. Elmsild 185.
Stemning 524, overfor Pirringer 512.
Stenbund 239.
Stenceller 66.
Stenohaline Organismer 226.
Stenotherme Organismer 386.
Steppe 356.
Steppeformation 360.
Steppegræs 118.
Steppens Dyr 361.
Sterile Næringsstoffer 430.
Sterilitet hos Dyr 182.
Sterilisation 140, 141, 142; brudt 141.
STEVENSON 207.
Stiklinger 553.
Stille elektriske Udladningers skadelige Indflydelse paa Trævæksten 185.
Stivelse som Oplagsnæring 105.
Stjærnestadium 550.
Stoffernes Kredsløb 24, 90.
— Tilstandsform 204.
Stofforbrug under Hunger 107.
Stofnedbrydning 22.
Stof- og Energiskifte 407, 439.
— og Krafthusholdning 482.
— og Kraftskifte 407.
Stofoptagelse 408.
Stoftransport 434.
Stofskifte 21, 407, 439; Jordbundens 243.
Stoftabet hos Aalelarver 110.
Store Hjerne 524, 543.
Store Vækstkurve 507.
Straaleenergi 145.
Straaleenergiens Omsætning 150.
Strandkant 114.
Strandvegetationens Ejendommeligheder 115.
Strømcirkel 214.
Strømninger i Protoplasma 48.
Stylterødder 115.
Stængel 67.
Stængelsukkulenter 346.
Stødvise Variationer 618.
Støttetraade 550.
Støttevæv 55.
Støv 230; i Luften 217, 628.
Støvknapper 559.
Støvkorn 559.
Støvkornmoderceller 559.
Støvsække 559.
Subarktisk Zone 342.
Subtropisk — 342.
Sugerødder 418.
Sukker som Næringsstof 87.
Sultedød 107, 108.
Sulteforsøg 487.
Sump 114.
Sumpgasgæring 473.
Sumpskove 116.
Svangerskab 296, 456.
Sved 455, 479.
Svedkirtlernes Fordeling 480.
Svingtraade 44.
Svovlbakterier 94, 102, 424.
Svovlbrinte 220.
Svovlets Kredsløb 94.
Svovl som Næringsstof 86.
Svovlsyre 86; i Vand 221.
Svovlsyrling 220.
Svæv 112, 370.
Svømmende Organismer 369.
Sydamerikanske Dyrerige 339.
Sygdomme 321; foraarsaget af Snyltere 322; som Cellefænomener 41; smitsomme 260, 321.
Symbioser 75, 76, 289.
Sympati mellem Dyr 301.
Syncytium 72.
Synsorganer 163; hos Planter 530.
Syntese 9, 441, 444, 458, 496.
Synøki 287.
Sædceller 302.

Sædcellers Dannelse 560.
Sædfim 556; Antal af 564.
Sædgemmer 559, 566.
Sædkanaler 559.
Sædlegemer 556, 557, 564.
Sædlegemers Størrelse 558.
Sædstokke 559.
Sædvæske af Menneske 564.
SÖHNGEN 475.
Søvand 223.

Taage 217.
Taksier 513.
Taktiske Bevægelser 513.
TALBOT-PLATEAU'ske Lov 537.
Tankeliv 537.
Tankevirksomhed 524.
TAPPEINER 173.
Tarmsaft 428.
Tarmtotter 430.
Tarmtrevler 430.
Tarmtrevlernes Bygning 431.
TEDIN 610.
Tegn paa Sjæleliv 540.
Teleologer 18.
Teleskop-Øjne 385.
Temperaturkrav 130.
Temperaturens Indflydelse paa Aandedrættet 127, 133, 463; paa andre Energiformer 125; paa Formering 127; paa Forplantning 132; paa Kulsyreassimilationen 127, 128, 423; paa Spiring 132; paa Vækst 127, 131.
Temperaturer, Modstandskraft mod høje og lave 136.
Temperaturkurver for Livsfunktionerne 126, 127.
Temperatursvingninger 136, 142.
Tempererede Zone 341.
Temporære Snyltere 312.
Tentraade 550.
Termiters Forstand 542.
Testikler 559.
Thermofile Bakterier 135.
— Organismer 125, 134.
Thermotaksis 514.
Therofyter 347.
Therofytklima 349.
THOMSON, WILLIAM 636.
THOMSON, WYVILLE 370.
Tilbageskridende (retrograd) Udvikling 78.
Tilfældighedskurve 595.
Tilpasningsevne 23.
Tilpasning til Temperaturforskelligheder 134.
Tilvænning til Gifte 257.
TISSANDIER 193, 194.
Toksin 260, 264.
Toksofore Atomgrupper 268.
Toksoider 265.
Toksoner 265.
Tolvfingertarmen 428.
TOWER, W. L. 604, 615.
Traadceller (Hyfer) 50.
Traadnøglestadium 550.
Transpiration 100. 112, 452.
Transport af Næringsstoffer 434.
TREUB, MELCHIOR 274.
Trikiner 320.
Tropiske Zone 341.
Tropismer 167, 516.
Træernes Tiltrækning paa Lynene 184.
Træstof 447.
Træthedsfænomener hos Sanseorganer 537.
Trykpunkter 536.
Tryksans 535.
Trypanosomer 264, 317.
Trypsin 414, 429.
Tryptase 414.
TSCHERMAK, E. 605.
Tuberkelbakterier 277.
TUBEUF, C. v. 186.
Tundra 360.
Turgor 203.
Tvekønnede Organismer 555.
Tvungne (obligate) Snyltere 313.
Tyfusbakterier 178.
Tykkelsesvækst 507.
Tykmælk 429.
TYNDALL, JOHN 626.
Tyndtarm 429; dens Vægge 431.
Tyngde 189.
Tørhedsperiode 122.
Tørv 242; Tørvedannelse 241.

Ubikvister 327.
Udbulning 198.
Udfyldningsvæv 55.
Udgift 482.
Udhugning i Skov 278.
Udnyttelse af Føden 486.
Udstraaling af Varme 123.
Udtørring 121.
Udvidelse af Blodkarrene 175.
Udvikling 22, 78, 587.
Udviklingshistorie 578.
Udviklingslæren 79, 591.
Udviklingsretninger 17.
Udvælgelse af Næringsstoffer 17.
Ufrivillig Hjælp 297.
Uimodtagelighed 324; for Gifte 256.
Ukønnet Forplantning 552.
Ukønnede Forplantningsceller 566.
Ultramikroskop 38, 637.
Ultrarøde Straaler 146, 151.
Ultraviolette Straaler 146, 151.
Umodne Æg 562.
Underafkøling 137.

Undergrund 236.
»Undfangelseshøj« 565.
Ungdomstid 498.
Uorganiske Salte i Organismer 448.
UPHOF 333.
Urcelle 45.
Urfjæld 227.
Urin 477.
Urinstof 477.
Urinstoffets Syntese 14, 458.
Urinsur Diatese 478.
Urinsyre 477.
Urmunden 580.
Urobilin 479.
Urskov 357.
»Urslim« 631.
Ursædceller 559.
Urtarmen 580.
Urtiden 82.
Uræggelle 559, 560.
Usterile Stoffer 629.
»Usynlige« Mikrober 637.
Uvirksomme Giftdoser 253.
»Uægte« Gæringer 415.

VAHL, M. 355.
Vakuole 43, 48.
Vampyrella Spirogyræ 18.
Vand 86, 221, 432; i levende Organismer 448; som Næringsstof 85, 99; som Opløsningsmiddel for Næringsstoffer 99.
Vanddampe i Luften 217, 220.
Vanddyrenes Bygning 114.
Vandenes Temperatur 365.
Vandets Dyreliv 113.
— Kredsløb 110.
— Mængde og Fordeling 110.
— Saltindhold 226, 366.
— Sammensætning 222.
— Tilstandsform 204.
— Vægtfylde 205.
Vandfordampning 207.
Vandfordelingens Indflydelse paa Planteverdenen 111.
Vandforraad 121.
Vandindhold, i Protoplasma 48; i tørre Frø og Sporer 122.
Vandkultur 87, 88; Vandkulturforsøg 87.
Vandløb 116.
Vandmangel 104.
Vandorganismernes Iltbehov 101.
Vandplanters anatomiske Bygning 113.
Vandreceller 436.
Vandringer af Organismer 336.
Vandrørsceller 66.
Vandtryk 195.
Vandvæv 119.
VAN'T HOFF 202.
VAN'T HOFF's Lov 127, 128.
Variabilitet 593.
Variationer, individuelle 593; fluktuerende 593: Lovene for individuelle 595; stødvise 599; svingende 593.
Variationsbevægelser hos Planter 520.
Varmblodede Hvirveldyr 130, 484.
Varme 123—143; fugtig 140; som Maal for Energiproduktionen 482, tør 142.
Varme Bade 494.
Varmeenergi, Omsætning af 124.
Varmeenhed 486.
Varmegrader, høje 124.
Varmeproduktionen ved Aandedrættet 465; ved Gæringer 470.
Varmepunkter 536.
Varmereguleringsevne 131, 484.
Varmesansen 535.
Varmestraaler 123, 148.
Varmetab ved Fordampning 494.
— ved Opvarmning af Føden 494.
— ved Opvarmning af indaandet Luft 494.
— ved Straaling og Ledning 494.
Varmetoning ved Hydrolyser 470.
Varmeudstraaling fra Solen til Jorden 124.
Varmeækvivalent 495.
Vedhængning 197.
Vedligeholdelse 397.
Vedtavecelle 66.
Vegetarianere 97.
Vegetativ Forplantning 552.
— Kærne 43.
Vejrsmuldring 235.
Verdenshavene som Regulator for Kulsyremængden i Luften 92.
VERWORN, MAX 19, 404, 644.
Vibefedt 309, 310.
Vidunderbakterier 170.
Vilje 524; til at leve 396.
Viljeshandlinger 540.
Viljesliv 537.
Viljesytring 526.
VILMORIN 612.
VILMORIN's Princip 612.
Vindbestøvning 208.
Vindene 207; som Udbredelsesmiddel for Planter og Dyr 209.
Vindenes afkølende Virkning 212.
— Betydning for Organismerne 208.
— fordampningsfremmende Virkning 212.
— Indvirkning paa Træerne 210.
Vindhastigheden 207.
Vindstød 207.
Vintersovende Pattedyr 31.
Vintersøvn 106.
VIRCHOW, R. 41, 51.
Vitale Bevægelser 509.
Vitalisme 11.

VOIT, CARL 492.
Vokseevne 505.
Vold 215.
VRIES, HUGO DE 202, 593, 598, 605, 644.
Vulkanske Udbrud 274.
Vækst 22, 397, 502.
Vækstbevægelser 515.
Vækstenergi 507.
Vækstens Afhængighed af ydre Faktorer 507.
— Mekanik 503.
Vækstfænomener 407.
Væksthastighed 507; hos Ærtekimplanter 127.
Vækstpunkt 51, 52. 504.
Værtorganismers Forsvarsmidler 322.
Værtskifte 319.
Vævsystemers Bygning 52.

WAGER, HAROLD 530.
WALLACE, A. R. 301, 339, 595, 597, 644.
WARMING, EUGENIUS 210, 330, 331, 355, 597, 644.
WASMANN, ERICH 540.
WASSERMANN 266, 642.
WEBBER 605.
WEBER 222.
WEBER-FECHNER'ske Lov 515, 536.
WEISMANN, AUG. 595, 597, 644.
WESENBERG-LUND, C. 371.
WETTSTEIN, R. v. 597.
WHELDALE 610.
WIELER 193, 643.
WILFARTH 293.
WINKLER, HANS 576, 644.
WINOGRADSKY 95, 474.
WOLFF, F., 615.
WOLTERECK, R. 371, 615.
WUNDT, W. 539, 644.
WÖHLER, FRIEDRICH 10, 14, 634.

»Xenier« 616.
Xerofyter 117, 354.

Yngelpleje 296.
Yoghurt 429.

ZACHARIAS. O. 371.
ZEISS' Mikroskop 40.
ZIEGLER. H. E. 539, 540, 541, 644.
Zoogløaer 72.
Zooplankton 375.
ZUNTZ, LEO 495.
Zygospore 568.
Zygoter 610.
Zymase 415, 462, 467, 472.

»Ædeceller« 324, 436.
Æg, af Blæretang 557; af Kanin 47; af Menneske 558.
Ægcelle 302.
Æggemme 559, 566.
Æggets Kløvning 70, 579.
— Modning 561.
Æggehvidespaltningen ved Peptase af Bygkimplanter 127.
Æggehvidestoffer 9; i Mælk 97: som Næringsstoffer 96, 412; som Oplagsnæring 105, 449.
Æggehvidestoffers kaloriske Værdi 486.
— Optagelse 432.
Æggehvidestofnæring 487.
Æggehvidesyntese 444; i Dyrene 446; i Planterne 445.
Æggestok 559.
Æghinde 559,
Ægte Befrugtning 556.
»Ægte« Gæringer 415.
Ækvivalentloven 22.
Æterisk Olje 250.
Æthiopiske Omraade 340.

»Øjepletter« 44, 529.
Øjnene 528.
Økologi 326, 329, 354.
Ørken 111, 356, 358.
Ørkenens Dyr 361.
Ørkenplanter 119, 357.



