

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*

E. Buch Andersen.

SÆRTRYK
AF
NATURENS
VERDEN.

(K V Æ L S T O F P R O B L E M E T)

1919.

T.B. 661.2



E. Pück Rudersen

SÆRTRYK
AF
NATURENS
VERDEN

November 1919

661.2) *gl*
Sum

Kvælstofproblemet.

Ved *E. Buch Andersen.*

I Hovedtrækkene kan de Stoffer, som er nødvendige til Opbyggelse og Vedligeholdelse af levende Organismer, samles under fire Grupper, nemlig Kulhydrater (Sukkerarter), Fedtstoffer, Proteinstoffer (Æggehvide-stoffer) og visse uorganiske Forbindelser, som f. Eks. Kalciumfosfat, der jo er en Hovedbestanddel af Hvirveldyrenes Skelet. Baade Kulhydraterne, Fedtstofferne og Proteinstofferne er organiske d. v. s. kulstofholdige Forbindelser; de to første indeholder kun Kulstof, Ilt og Brint i forskellige Mængder, medens Æggehvide-stofferne adskiller sig herfra ved ogsaa at indeholde Kvælstof, lidt Svovl og undertiden enkelte andre Grundstoffer. Tillige udmærker Æggehvide-stofferne sig ved at have en meget indviklet kemisk Konstitution, saa at man for de flestes Vedkommende kun har mere eller mindre løse Formodninger om deres egentlige Natur. Endelig er der Grund til at bemærke, at en Organismes Livsvirksomhed i særlig Grad synes at være knyttet til Æggehvide-stofferne, idet disse udgør den væsentligste Bestanddel af de enkelte Cellers Protoplasma.

Under sin Livsvirksomhed forbruger en Organisme noget af de Stoffer, som danner dens Legeme, og for at vedligeholde dette maa den med Næringen optage de nødvendige Raaprodukter og omdanne dem saaledes, at den faar de fornødne Mængder af de Stoffer, som er nødvendige for Opretholdelsen af Livet. Jo højere udviklet en Organisme er, des større Krav stiller den til Næringens kemiske Natur. Det er ikke tilstrækkeligt, at den faar tilført de nødvendige Grundstoffer i de rigtige Mængder. Grundstofferne maa i Forvejen være bundet i Form af Forbindelser af samme Art som dem, Organismen bestaar af,

ellers er den ikke i Stand til at oparbejde dem og nyttiggøre dem.

Mennesker og Dyr faar i sidste Instans deres Næring fra Planteriget og maatte altsaa gaa til Grunde, saafremt Planterne ikke kunde frembringe Kulhydrater, Fedtstoffer og Æggehvide-stoffer; thi selv om Fedtstofferne kun bestaar af de samme Grundstoffer, som findes i et Glas Sodavand, saa er ingen dy-risk Organisme i Stand til heraf at danne Fedt. Men anderledes forholder det sig med Planterne. De behøver ikke at faa alle deres Raaprodukter i mere eller mindre forarbejdet Tilstand, de er netop i Stand til det, som Dyrene ikke kan, nemlig at danne de komplicerede organiske Forbindelser af Kulsyre og Vand og andre simple Udgangsprodukter. Kulsyren tages som bekendt fra den atmosfæriske Luft, der indeholder 0,03 Vol-% heraf. Denne Opbygning af indviklede Forbindelser kræver en betydelig Tilførsel af Energi som jo leveres af Sollyset, og denne Energi kommer de levende Organismer til gode, naar enten Planten selv eller eventuelt Dyr eller Mennesker atter nedbryder de dannede Forbindelser til simpelt sammensatte Af-faldsprodukter.

Planterne kan altsaa ved Sollysets Hjælp opbygge organiske Stoffer af Vand og Atmosfærens 0,03 % Kulsyre; men til Dan-nelsen af de vigtige Æggehvidestoffer kræves der desuden Kvæl-stof. Atmosfæren indeholder ca. 79 % Kvælstof, men ingen af de for Landbruget vigtige Planter er i Stand til at optage deres Kvælstof fra Luften, og da Tilstedeværelsen af Kvælstof i passende Form er en uomgængelig Betingelse for Livets Opretholdelse, kræ-ves det altsaa, at Jorden indeholder dette i en saadan Form, at Plan-terne kan udnytte det. Naar Vegetationen mange Steder er lidet udviklet, vil Aarsagen ofte være den, at den disponible Kvælstof-mængde begrænser Dannelsen af Æggehvidestoffer og dermed hele Plantens Vækst. Manglen paa andre nødvendige Stoffer kan natur-ligvis have samme Virkning, men i de allerfleste Tilfælde er det Kvælstoffet, det er galt med, det vil i Regelen være dette Stof, der er i »Minimum«. I Landbruget søger man jo som bekendt ved Hjælp af Gødningen at supplere Jordens Indhold af Næringsstoffer og derved at fremme Planternes Vækst. Hvilken Rolle, Kvælstof-fet ved denne Lejlighed spiller, fremgaar tydeligt af Fig. 1; det er Havre, som er udsaaet i lerholdig Jord, lige meget i hver Krukke. I den første er der tilført Jorden baade Fosfater, Kali



99 g

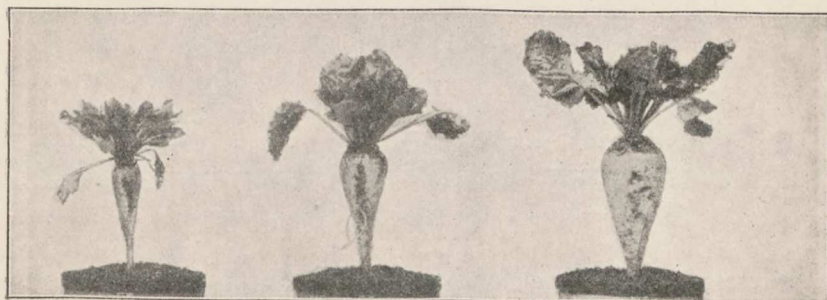
83 g

81 g

11 g

Fig. 1. Havrekulturer. Den tilvenstre har faaet tilført baade Fosfater, Kali og Kvælstof. No. 2 mangler Fosfater, No. 3 Kali, No. 4 Kvælstof.

og Kvælstof, i hver af de andre er udeladt et af disse Gødningsmidler, det ses, hvor meget større Betydning Kvælstoffet har end de to andre. Endnu tydeligere fremgaar det maaske af Tallene nedenunder, som angiver, hvor meget Korn man fik ved



Vægt: 40 g

98 g

247 g

Fig. 2. Kulturer af Sukkerroe. De har alle faaet tilført Fosfater og Kali, men forskellige Mængder Kvælstof, den til venstre intet, den til højre mest.

de de fire Forsøg. Fig. 2 viser Resultatet af et andet Forsøg, som illustrerer det samme.

Det bundne Kvælstof, som i Naturen tilføres Jorden, stammer fra forskellige Kilder, bl. a. fra henraadnende Dyres og

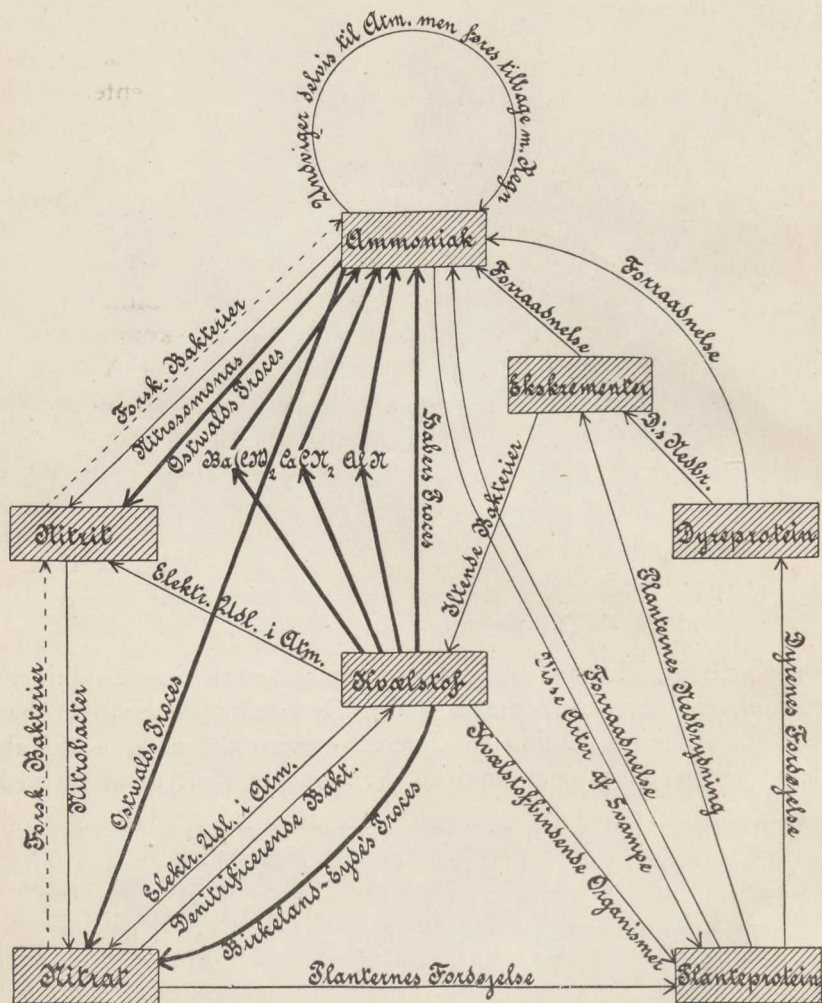


Fig. 3.

Planterester, hvis Kvælstof paa den Maade paany kommer Vegetationen til gode. Hvis derimod, som Tilfældet er med opdyrket Jord, den dannede Vegetation for Størstedelen fjernes ved Høsten, bliver Jorden udpint og kvælstoffattig, saafremt

man ikke ad kunstig Vej ved Gødning sørger for at erstatte det tabte Kvælstof.

Ude i Naturen gennemløber altsaa Kvælstoffet et Kredsløb; ved Hjælp af Diagrammet (Fig. 3) vil vi betragte dette noget nærmere. Vi kan tage vort Udgangspunkt ved Kvælstoffet i Form af Planteæggehvide. Denne bliver nedbrudt dels ved Planternes eget Stofskifte og dels brugt som Næring for Dyrene, der omdanner den til Dyreprotein og ved deres Stofskifte atter nedbryder dette til Ekskrementer. Saavel Ekskrementerne som Protein-stoffer fra døde Dyr eller Planter tjener i Naturen til Næring for Forraadningsbakterier, der bl. a. har den Virkning, at de omdanner Størstedelen af Kvælstoffet til Ammoniak. Forraadningsprocessen har altsaa den meget store Betydning, at den dels befrier Jordoverfladen for Dyre- og Planterester og tillige derved, at den omdanner deres Kvælstof til en Forbindelse, som af andre Organismer kan omdannes videre og igen komme Plantevæksten til Nytte. Den ved Forraadningen dannede Ammoniak holdes delvis tilbage i Jorden, idet denne formaar at binde Ammoniakken saaledes, at end ikke Regnvand er i Stand til at udvaske den helt deraf; for en Del undviger den imidlertid til Atmosfæren, men bliver ført tilbage til Jorden med Regnen; dog maa den luftformig undvegne Ammoniak, naar den stammer fra Gødning, anses for tabt, idet den jo i egentligste Forstand bliver spredt for alle Vinde. Den Ammoniak, som er i Jorden, bliver ved andre Bakteriernes Virksomhed iltet saaledes, at der dannes Nitriter (salpetersyrlige Salte), der igen af nye Bakterier iltes videre til salpetersure Salte, til Nitrater. Kvælstoffet er nu blevet til Nitratkvælstof og er dermed overført i en Form, der er tjenlig til Plantenæring; de fleste Planter kan nemlig kun meget vanskeligt optage det i anden Form; der gives dog — som vist paa Diagrammet — Undtagelser. Naar man alligevel opnaar gode Resultater ved at gøde med Staldgødning eller f. Eks. svovlsur Ammoniak, er Grunden den, at Ammoniakken i selve Agerjorden omdannes til Nitrat ved de omtalte Processer. Man kender, som antydet, ogsaa Bakteriearter, der kan faa Processerne til at løbe den anden Vej, men de spiller mindre Rolle.

Nu er det imidlertid saaledes, at der i Naturen ogsaa foregaar saadanne Processer, som omdanner det kemisk bundne Kvælstof til frit, luftformigt Kvælstof; ved Kredsløbet gaar der alt-

saa stadig noget bundet Kvælstof tabt, saa Vegetationen og dermed alt Liv paa Jorden vilde i Tidens Løb uddø paa Grund af Kvælstofhunger, hvis ikke ogsaa den omvendte Proces, Om-
dannelsen af atmosfærisk Kvælstof til kemisk bundet Kvælstof, fandt Sted ude i Naturen. Der gives visse Arter af Bakterier f. Eks. *Azotobacter*) og andre lavtstaaende Organismer, som er i Stand til at optage Kvælstof fra Atmosfæren og derved i større eller mindre Grad at kompensere det Kvælstoftab, som for-
aarsages ved Livsprocesserne paa Jorden. En anden Faktor, som virker i samme Retning, er de elektriske Udladninger i Atmosfæren. Naar elektriske Gnister slaar gennem en Blanding af Kvælstof og Ilt, dannes der smaa Mængder Kvælstofilte, det samme er Tilfældet — blot i større Stil — under et Tordenvejr eller ved andre Lejligheder, hvor der optræder elektriske Udladninger. Denne Kvælstofilte føres ned med Regnvandet. Det er ikke smaa Mængder Kvælstof, som paa den Maade tilføres Jordoverfladen; ARRHENIUS anslaar Mængden til 400 Mill. Tons om Aaret, — til Sammenligning kan anføres, at Chiles Kvælstofudførsel det sidste Aar før Krigen, altsaa 1913, var akkurat $\frac{1}{1000}$ af denne Mængde. Selv om Tallet muligvis er temmelig forskelligt fra det rigtige, viser det dog, hvilken Betydning denne Proces har for Livet paa Jorden. Desværre er det jo kun en meget lille Del af det saaledes bundne Kvælstof, som kommer Agerjorden tilgode; langt den største Del falder i Havet eller paa Steder, hvorfra den før eller senere skylles ud i Havet. I ethvert Tilfælde er denne Kvælstoftilførsel ikke paa langt nær i Stand til at opveje de store Mængder bundet Kvælstof, som fjernes fra Jorden ved Høsten, og som ikke senere føres tilbage igen. Alene fra en By som Paris bortskylles der med Kloakvandet ca. 12000 Tons bundet Kvælstof om Aaret. I de tidligste Tider blev der ikke fra Agerdyrkernes Side gjort noget for at afhjælpe dette Forhold, og man har adskillige Eksempler paa, at Lande, som i Oldtiden var frugtbare og kornproducerende, nu ligger mere eller mindre øde hen. Under saadanne Omstændigheder kan Jorden kun give Næring til et begrænset Antal Individuer, og Overbefolkning maa staa som en frygtelig Fare for de menneskelige Samfund.

Det er derfor næppe for meget at sige, at det betød en Mærkepæl i Menneskehedens Historie, da den tyske Kemiker LIEBIG klarlagde de vigtigste Punkter vedrørende Planternes

Ernæring og derved muliggjorde det moderne Landbrug med den kunstige Tilførsel af Kvælstofnæring. I første Linie søgte man naturligvis at udnytte det i Naturen forekommende bundne Kvælstof, som f. Eks. Chilesalpeteret, det i Chile forekommende Natriumnitrat, der udgør det eneste kendte virkelig store naturlige Kvælstoflager. Anvendelse af Staldgødning havde været kendt før, men blev først nu videnskabeligt begrundet.

Chilesalpeteret er for saa vidt et bedre Gødningsstof end Staldgødning eller Guano, idet Nitratet direkte optages, medens disse først skal gennemløbe en Række Processer, for at Kvælstoffet kan blive omdannet til Nitrat, hvorved der jo tilmed mistes en Del af Kvælstoffet; men i andre Henseender staar Chilesalpeteret noget tilbage.

Udførselen af Salpeter fra Chile er da ogsaa, som Tabellen viser, steget meget stærkt i Tidens Løb. Det sidste normale Aar

Aar:	Udførsel:	Aar:	Udførsel:
1849	19365 t.	1909	1851000 t.
1869	99000 t.	1911	2420470 t.
1889	674000 t.	1913	2705820 t.
1899	1260800 t.		

1913 var Udførselen oppe paa 2,7 Mill. Tons. Heraf er dog kun $\frac{4}{5}$ anvendt til Landbruget, idet det bundne Kvælstof ogsaa har andre og navnlig en for Tiden særlig aktuel Anvendelse, nemlig til Fremstilling af Sprængstoffer. Det kan i denne Sammenhæng anføres, at en af de krigsførende Magter under en enkelt Offensiv i Krigen brugte Sprængstoffer i en Mængde svarende til 400000 Tons Chilesalpeter, eller lige saa meget som Danmark forbruger til Gødning i 8 Aar. Under fredelige Forhold gaar jo dog altsaa heldigvis Hovedmængden af Kvælstoffet til Landbruget.

Nu er det imidlertid klart, at selv om Mængden af Chilesalpeter er meget stor, saa er den ikke uendelig, og før eller senere maa Lageret blive tømt. Man anstillede ret tidligt Undersøgelser over Salpeterlejets Udstrækning, og der fandtes kun at være Salpeter til ca. 40 Aar, saafremt Forbruget stadig steg i samme Grad. Senere er der blevet opdaget mere Salpeter, saa at der nu maaske er nok til 100 Aar, men engang vil Bunden blive naaet, og det vilde betyde en Katastrofe, saafremt man ikke tillige havde andre Kvælstofkilder.

Den vigtigste af disse er Stenkullenes Kvælstof. Kul og Tørv er jo af vegetabilsk Oprindelse, og en Del af Planternes Kvælstof findes stadig bundet deri. Forbrændes Kullene paa almindelig Vis, gaar Kvælstoffet tabt; men hvis man først fremstiller Gas af dem, og bagefter brænder Gassen og Koksene, kan man vinde en Del af Kvælstoffet, idet dette nemlig gaar over i Gassen dels som frit Kvælstof og dels som Ammoniak, saaledes at raa Stenkulsgas indeholder ca. 1 Vol.-% Ammoniak. Af Gassen vindes Ammoniakken ved Udvaskning med Vand og oparbejdes for Størstedelen til Ammoniumsulfat. Skønt Kvælstofindholdet i Kullene kun andrager ca. 1 %, er det dog meget betydelige Mængder Kvælstof, der vindes paa denne Maade, dels i Gasværkerne, men navnlig i Koksværkerne, hvor den samme Proces foretages, kun at Koksene er Hovedproduktet. Tabellen viser Verdensproduktionens Størrelse i de forløbne Aar; det er meget betydelige Mængder, men de kommer dog

Aar:	Verdensproduktion:	Aar:	Verdensproduktion:
1900.....	510000 t.	1911.....	1181000 t.
1905.....	637000 »	1912.....	1331000 »
1908.....	878000 »	1913.....	1439000 »
1910.....	1057000 »		

ikke op paa Siden af Chilesalpeteret; derimod har den relative Stigning været større. Ammoniumsulfatet er, som før nævnt, en noget mindre direkte Kvælstofgødning end Chilesalpeteret, og saa maa det erindres, at det er et Biprodukt, hvis Produktion til enhver Tid er afhængig af Forholdene i helt andre Industriegrene. Ogsaa andre Brændselsmaterialer som Tørv og Brunkul indeholder Kvælstof, der ved passende Behandling delvis kan vindes som Ammoniumsulfat. I disse Tider, hvor Kvælstofspørgsmaalet har trængt sig saa stærkt i Forgrunden, er det blevet taget under alvorlig Overvejelse, om ikke det meste Brændsel burde passere et Gasværk, inden det blev brændt; herved kunde man vinde meget store Mængder af det værdifulde Kvælstof og andre Biprodukter, og den dannede Gas kunde bruges til Drift af Elektricitetsværker, hvorefter Koksene kunde blive brændt paa almindelig Vis. Men selv om dette blev gennemført, vilde man alligevel ikke have ubegrænsede Mængder Kvælstofgødning til Disposition, og saa længe det ikke er gennemført, er Spørgsmaalet om nye Kvælstofkilder stadig meget brændende.

Der er imidlertid en Kvælstofkilde, der maa betragtes som udtømmelig; det er Atmosfæren. 79 % af den atmosfæriske Luft er Kvælstof, og det vil sige, at der over 1 km² af Jordoverfladen findes ca. 8 Mill. Tons Kvælstof eller tilstrækkeligt til at dække Verdensforbruget i 25 Aar. Her er altsaa ikke Fare for at bruge Beholdningen op. Men for at det atmosfæriske Kvælstof skal kunne komme Landbruget til Gode, maa det bindes kemisk i Form af Nitrat, Ammoniak eller lign. Kvælstofproblemet er herved blevet til et rent teknisk Problem.

Nu er det saaledes, at har man først faaet Kvælstoffet bundet i en eller anden Form, volder det ikke særlige Vanskeligheder for den kemiske Teknik at overføre denne Kvælstofforbindelse til andre. Men selve det frie, luftformige Kvælstof udmærker sig kemisk ved at være ret inaktivt, det vil meget nødtigt reagere med andre Stoffer. Det har derfor, som bekendt, voldet meget store Vanskeligheder at finde teknisk brugbare Metoder til Binding af Luftkvælstof, og det kan sikkert siges at betyde en ny Mærkepæl i Historien, da dette første Gang lykkedes, og der dermed paa en vis Maade blev lukket op for Atmosfærens uhyre Kvælstoflager. Først hermed er der aabnet virkelige Muligheder for en Løsning af Kvælstofproblemet.

Luftkvælstof-Industrien.

De Metoder, efter hvilke man har søgt at binde Luftkvælstoffet, kan deles i fire Grupper; man har bundet det til Ilt som Salpetersyre, til Brint som Ammoniak, til Metaller som Nitrid og endelig til Kulstof som Cyanid eller Cyanamid. Paa Fig. 3 er disse Processer indtegnet med tykke Linier; kun een af dem, den direkte Forbrænding, fører lige til Salpetersyre, de andre giver som Slutningsprodukt Ammoniak, der saa enten kan anvendes som saadant eller ved Hjælp af en særlig Proces (katalytisk Iltning) omdannes til Nitrit eller Nitrat.

Bedre Oversigt over de tekniske Metoder giver Fig. 4. Kvælstoffet tages under alle Omstændigheder fra Luften; kun ved den direkte Forbrænding kan der gaas ud fra selve den atmosfæriske Luft, ved de andre Processer maa man først skille Kvælstoffet ud fra Luftens øvrige Bestanddele, hvilket som Regel gøres ved fraktioneret Destillation af flydende Luft. Vi skal nu betragte de enkelte Processer lidt nærmere.

Den direkte elektrotermiske Iltning var den første Proces, som

blev gennemført i stor Stil, og er vel ogsaa nok den mest bekendte. Metoden er baseret paa, at Kvælstof og Ilt ved høj Temperatur forener sig til en Forbindelse, Kvælstofilte, et Stof, som ved lavere Temperatur optager mere Ilt og derefter kan reagere med og danne Salpetersyre. I Praksis gennemføres Processen ved, at atmosfærisk Luft ledes igennem en særligt konstrueret Ovn, i hvilken der mellem to Metalelektroder er dan-

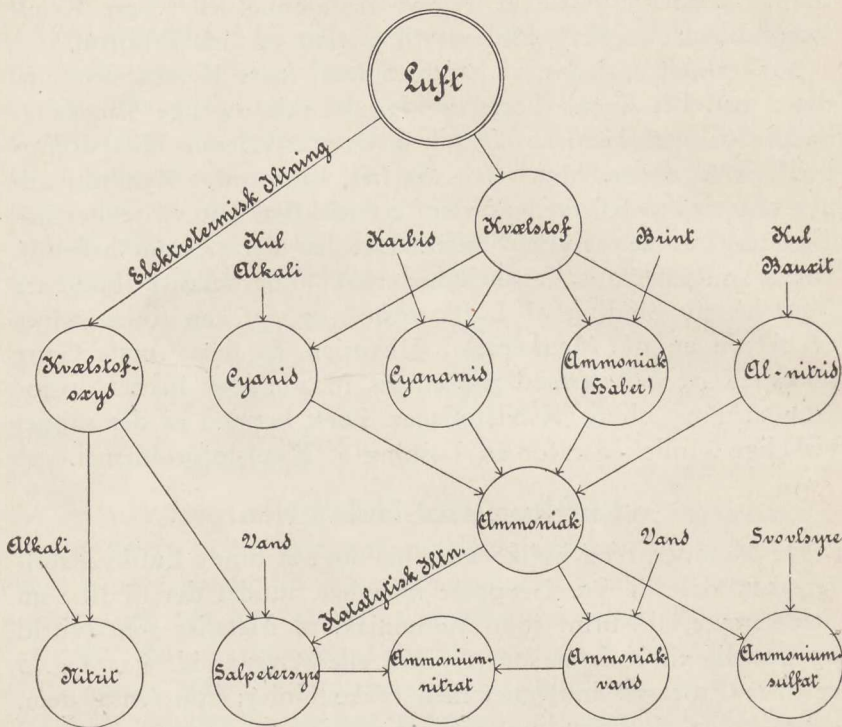


Fig. 4.

net en Højspændingslysue, hvori der hersker en meget høj Temperatur (omkring 4000°). Den første brugelige Ovn skyldes Nordmændene BIRKELAND og EYDE,^{*)} og i denne saakaldte norske Ovn spredes Lysbuen ved Hjælp af en Elektromagnet ud til en stor flad Skive (elektrisk Sol), der fylder omtrent hele Ovnrummet; paa den Maade opnaas det, at Luftmassen kommer i inderlig Berøring med den varme Bue. En Ovn af helt afvigende Konstruktion skyldes Tyskeren SCHÖNHERR; ved den er der navnlig taget Hensyn til et helt andet Forhold, nemlig at

^{*)} Se »Naturens Verden« 1. 1917. Side 358.

Luftmassen efter at have passeret Buen hurtigst muligt skal afkøles. Buen dannes som en lang, tynd Streng inden i et Rør, i hvilket Luften er i stærk drejende Bevægelse. De Luftdele, som har været i Berøring med Buen, slynges hurtigt ud i de ydre,

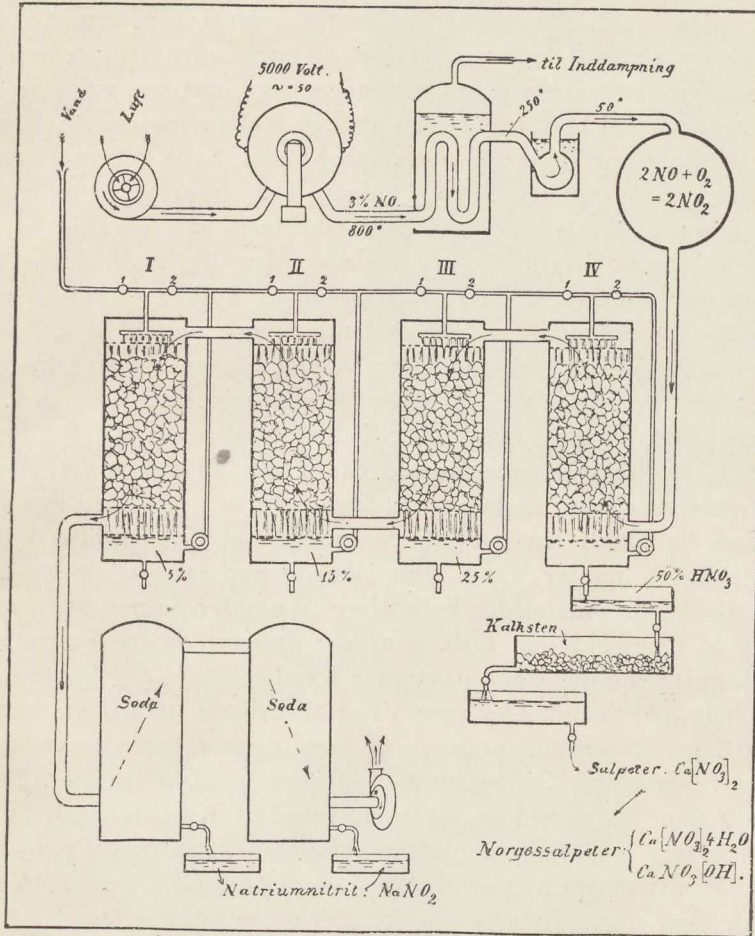


Fig. 5.

koldere Partier og bliver derved meget pludseligt afkølet. Betydningen af dette skal vi straks vende tilbage til. Den norske Ovn stod til at begynde med ikke paa Højde med den tyske, men er senere forbedret, saa at de vist nu maa siges at være omtrent lige gode.

Fig. 5. giver skematisk en Oversigt over Fabrikationen. Ved

Hjælp af en Blæser presses Luften igennem Ovn, af hvilken den træder ud med en Temperatur paa ca. 1100° og et Indhold af Kvælstofiltere paa lidt over 1 %. For at udnytte Varmen leder man den derpaa igennem en Række Dampkedler, og den udviklede Damp bruges andetsteds i Anlægget til Inddampning af Salpeteropløsninger. Luften er imidlertid endnu for varm til, at den ovennævnte Iltoptagelse, der jo er nødvendig for den senere Salpetersyredannelse, i nogen nævneværdig Grad kan finde Sted; den ledes derfor endnu igennem særlige Kølebeholdere og derfra videre til en saakaldt Oxydationsbeholder, hvor denne Proces foregaar; Iltoptagelsen kræver nogen Tid, hvorfor Beholderen maa være passende stor, saa at Reaktionen kan faa Tid til at løbe til Ende, inden Luften forlader den og gaar videre til Absorptionsanlægget. Dette bestaar af en Række Granittaarne, i hvilke Luften »vaskes« med rislende Vand; herved absorberes Kvælstofilterne, og der dannes en vandig Opløsning af Salpetersyre. Absorptionen foregaar efter Modstrømsprincippet, d. v. s. Luften ledes igennem Taarnene i Rækkefølge og Vandet ligeledes (idet det pumpes fra det ene Taarn til det andet) men den modsatte Vej, saaledes at den Luft, der kommer lige fra Ovn, og altsaa har det største Indhold af Kvælstofiltere, i det første Taarn møder Vand, som allerede har passeret de tre andre og derfor indeholder betydelige Mængder Salpetersyre, mens til Gengæld den Luft, som har passeret de tre Taarne og nu kun indeholder smaa Mængder Kvælstofiltere, i det fjerde møder helt frisk Vand. Det rene Vand absorberer naturligvis bedre end Salpetersyreopløsningen, og man opnaar saaledes en særdeles fuldstændig Optagelse af Luftmassens Kvælstofiltere. Omvendt kan Luft med et større Indhold af Kvælstofiltere danne en stærkere Salpetersyreopløsning, hvilket altsaa ogsaa benyttes ved Modstrømsprincippet, idet Ovnluften straks møder en ret stærk Syre og yderligere koncentrerer denne. Den sidste lille Rest af Kvælstofiltere, som trods alt slipper upaavirket igennem Granittaarnene, absorberes derpaa i to Taarne, hvor den behandles med Sodaopløsning; herved dannes det for Farvestofindustrien vigtige Stof Natriumnitrit. Tilslidst suges Luften ud i Atmosfæren. Til Gødningsbrug neutraliseres den 50 %'s Syre fra Granittaarnene med Kalksten (Kalciumkarbonat), saa at Slutningsproduktet bliver Kalciumnitrat, det saakaldte Norgesalpeter. Det er til Inddampning af disse Opløsninger, man anvender Kedeldampen.

Luftsalpeterindustrien har efterhaanden antaget meget anselige Dimensioner; Fabrikationen kræver betydelige Energimængder, af hvilken Grund den kun kan etableres paa Steder, hvor man har Adgang til rigelig og billig Kraft. Dette er i særlig Grad Tilfældet ved de norske Vandfald, og Generaldirektør Eyde har i Løbet af ganske faa Aar skabt en virkelig Storindustri i sit Hjemland. For Tiden arbejder de norske Salpeterfabrikker med ca. 400000 Hestekræfter, og omtrent 25000 Mennesker er direkte eller indirekte knyttet til Virksomheden. Yderligere Anlæg er projekterede. Ovnene er meget store, en Ovn af moderne Type forbruger 5000 Hestekræfter. Alene et enkelt af de norske Anlæg (ved Rjukan) beskæftiger 1000 Mennesker og producerer Salpeter i en Mængde, der, omsat i Næringsværdi, kan dække 3 Millioner Menneskers normale Brødforbrug. Fig. 6—11

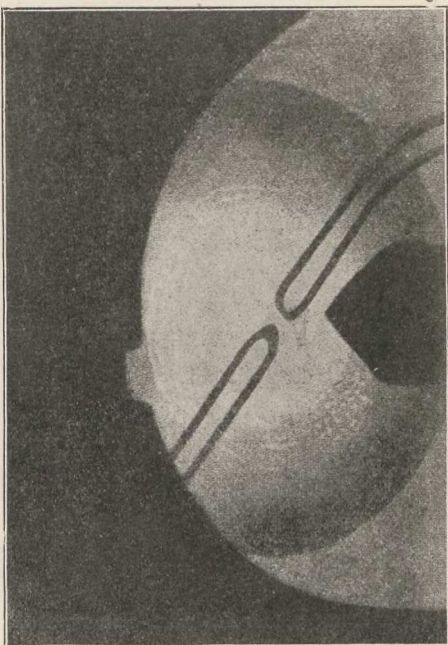


Fig. 6. Lysbuen i Birkeland — Eydes Ovn.

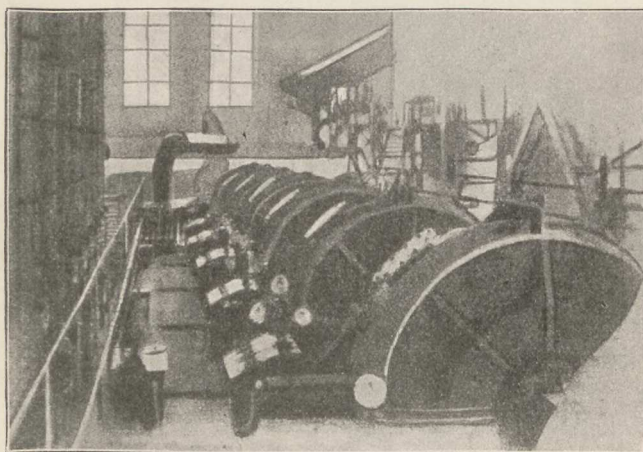


Fig. 7. Birkeland — Eydes Ovne i Rjukanfabrikerne.

viser nogle Billeder fra de norske Fabrikker. Skal man undersøge Økonomien ved en saadan Proces, er der forskellige Faktorer, der maa tages i Betragtning: Udgangs

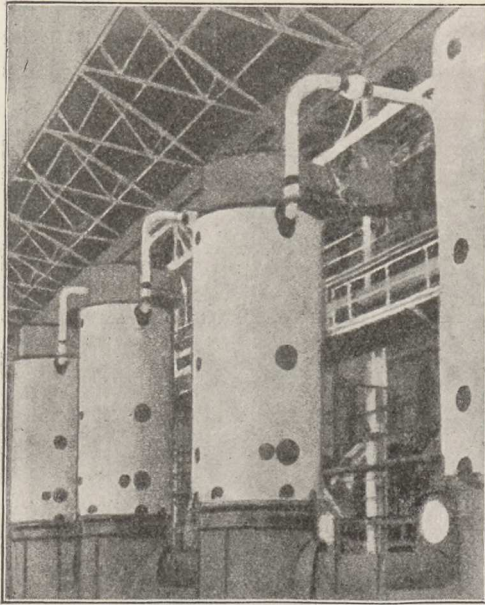


Fig. 8. Dampkedler i Rjukan-Fabrikkerne, varmede ved Luftarterne fra Ovnene.

Hvad selve den kemiske Proces angaar, saa er dens praktiske Anvendelighed betinget af: 1) den kemiske Ligevægt, 2) Reaktionshastigheden og 3) den Mængde Energi, der skal anvendes for at fremstille en bestemt Mængde af Slutningsproduktet. Opvarmes en Blanding af lige Dele Kvælstof og Ilt til høj Temperatur, dannes der Kvælstofilte; men det er kun en vis — af Temperaturen afhængig — Del af Kvælstoffet og Ilten, der forbinder sig; Resten er ganske upaavirket. Gaar man i Stedet for ud fra rent Kvælstofilte og opvar-

materialernes Pris, Driftsomkostningerne, Produkternes Værdi og Afsætningsmulighederne.

Udgangsmaterialerne: Luft, Vand og Kalksten kan næppe ved nogen Industri faas billigere, Afsætningsmulighederne er ubegrænsede, saa Spørgsmaalet bliver, om Salgsprisen kan dække Fabrikationsomkostningerne og forrente Anlægskapitalen. At den for Tiden kan det, viser Praksis; men det er dog ikke uden Interesse at betragte Sagen noget nærmere.

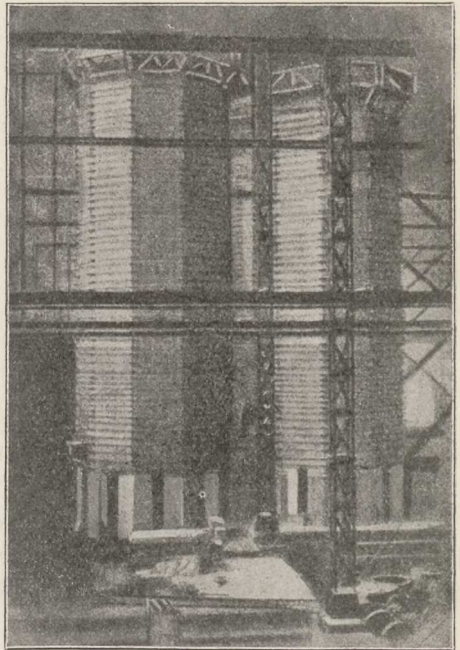


Fig. 9. Granittaarne til Gas-Absorption.

mer det til den samme Temperatur, spaltes en Del af Kvælstofilten til frit Kvælstof og Ilt og saa meget, at man netop ender med den samme Mængde Kvælstofilte, som hvis Udgangsprodukterne havde været Kvælstof og Ilt. Man siger, at det kemiske System er i Ligevægt i denne Tilstand, og det er klart, at man ved Opvarmning af en Kvælstof- Ilt-Blanding til en eller anden Temperatur ikke kan faa dannet mere Kvælstofilte, end hvad der svarer til den

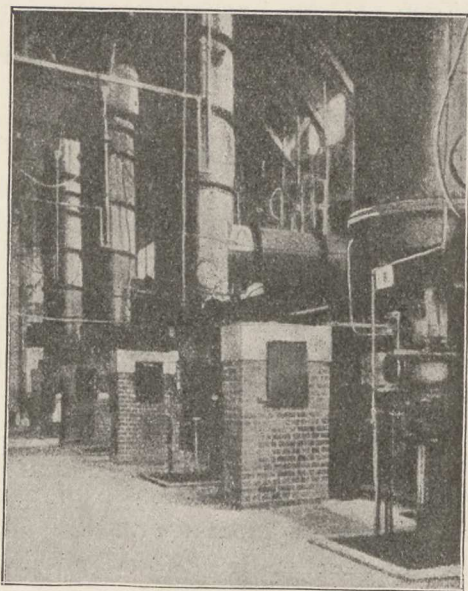


Fig. 10. Schönherrs Oвне i Kristianssand.

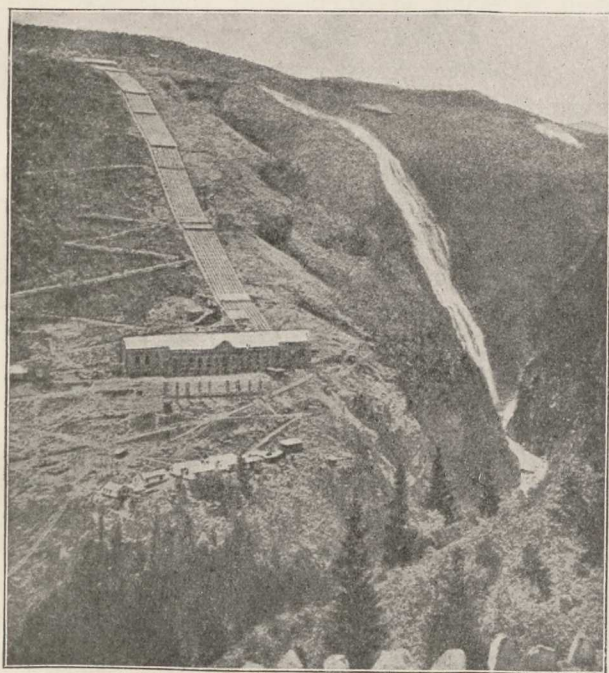


Fig. 11. Rjukan ledes gennem lange Staalrør ned til Fabriken.

kemiske Ligevægt. Tabellen viser, hvor mange Procent Kvælstofilte, der dannes i atmosfærisk Luft, naar den kemiske Ligevægt mellem Kvælstoffet og Ilten indstiller sig. Temperaturen er angivet i den absolute Skala, der jo omregnes til Celsiusskalaen ved at subtrahere 273° , saaledes at 1500°

Temp.	% Kvælstofilte:	Temp.	% Kvælstofilte:
1500°	0,10	3000°	3,57
2000°	0,61	3500°	5,8
2200°	1,00	4000°	8,0
2500°	1,79		

abs. Temp. altsaa er lig 1227° C. Reaktionshastigheden maales ved den Tid, der hengaar, medens givne Mængder Stoffer omsætter sig kemisk med hinanden; ogsaa den er stærkt afhængig af Temperaturen. Nogle kemiske Processer forløber hurtigt ved almindelig Temperatur, andre først ved højere Temperatur; men for alle kemiske Processer gælder det, at deres Hastighed forøges, naar Temperaturen stiger. Kvælstofiltedannelsen forløber ved almindelig Temperatur umærkeligt langsomt, først over 1500° bliver Hastigheden kendelig. Allerede af den Grund er det nødvendigt at gennemføre Processen ved høj Temperatur, men af Tabellen fremgaar det tillige, at hvis Udbytte af Kvælstofilte skal være blot nogenlunde rimelige, maa der arbejdes ved meget høj Temperatur, og selv ved de højeste Temperaturer, der kan anvendes i Tekniken, 3—4000°, er Mængderne endda ikke særlig store. Hertil kommer, at man i Praksis langtfra kan opnaa de teoretisk mulige Udbytter, fordi Ligevægten gaar tilbage, naar Luftmassen efter Passagen gennem Flammebuen afkøles. Først naar man er kommet ned under 1500° bliver Kvælstofiltens Spaltningshastighed saa lille, at Ligevægten holder sig; derfor maa den første Afkøling fra den meget høje Temperatur og ned til ca. 1500° foregaa meget hurtigt, for at man kan bevare det mest mulige af den dannede Kvælstofilte. Ved den norske Ovn kan denne Afkøling foretages ved at fortynde Reaktionsprodukterne med kold Luft, hvilket imidlertid ogsaa sætter Kvælstofiltekoncentrationen ned og Vanskelighederne ved Absorptionen op.

Et andet Moment, der stiller sig ugunstigt ved den elektriske Kvælstofforbrænding, er Strømudnyttelsen, og det af to Grunde. Den Hastighed, hvormed den kemiske Ligevægt søger at indstille sig, bliver desto mindre jo nærmere Systemet kommer til Ligevægtstilstanden, akkurat ligesom den Hastighed, med hvilken Vand strømmer fra et Kar over i et dermed forbundet Kar med lavere Vandstand, bliver desto mindre, jo nærmere Vandet er ved at staa lige i højt i de to Kar. Tegner man en Kurve

over Afhængigheden mellem Kvælstofiltekoncentrationen i Luften og den Tid, i hvilken Luften er i Berøring med Flammebuen, faar den et Udseende som vist i Fig. 12. Det ses, at Kvælstofilmængden tiltager stærkest lige i Begyndelsen, hvor Systemet er længst fjernet fra Ligevægtstilstanden, men at Dannelseshastigheden bliver mindre og mindre, jo mere Koncentrationen nærmer sig til den, der svarer til Ligevægten. For at komme saa nær som muligt til det teoretisk mulige Udbytte, skal Luftmassen altsaa helst være længe i Berøring med Flammen; men det giver en daarligere Elektricitetsudnyttelse, idet

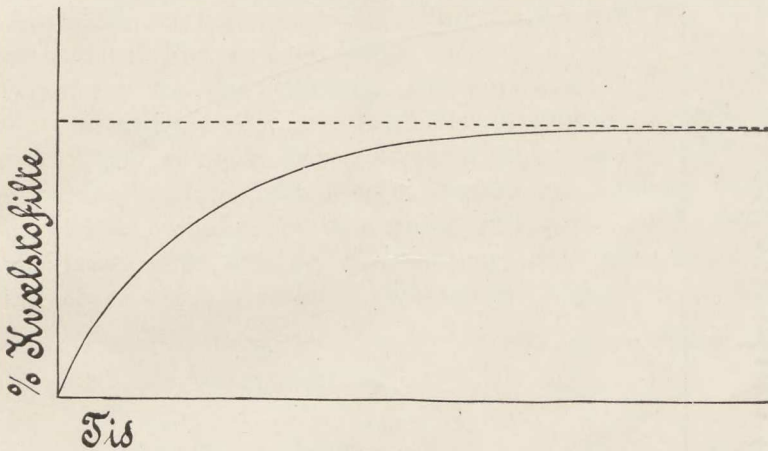


Fig. 12

man ikke faar Kvælstofilmængder, som er ligefrem proportionale med Tiden, men Mængder, som er bestemt ved Kurven. Omvendt giver en kort Berøring med Flammen bedre Udnyttelse af Strømmen, men mindre Kvælstofiltekoncentration. I Praksis maa man træffe et Kompromis og bevæge sig mellem Yderlighederne. Ved Forsøg har man fundet den i Fig. 13 angivne Afhængighed mellem Strømodbyttet, angivet i g Salpetersyre pr. Kilowatttime, og den Kvælstofiltekoncentration, man lader faa Tid til at indstille sig.

En anden Aarsag til daarlig Udnyttelse af den elektriske Energi er, at ogsaa de store Mængder Luft, som ikke reagerer kemisk, maa opvarmes til den høje Temperatur. Skønt Dannelsen af Kvælstofilte forløber endotermisk (under en Varmeabsorption paa 21000 cal pr 30 g Kvælstofilte), er det dog den

mindste Del af den elektriske Energi, som medgaar til selve den kemiske Proces; langt den største Del bruges til at give den store Ballast af Luft den fornødne Temperatur. Denne Energi er ganske vist til Stede efter Processen, men i Form af den langt mindre værdifulde Varme, som man jo efter bedste Evne udnytter paa Stedet til Opvarmning af Dampkedler og lign.

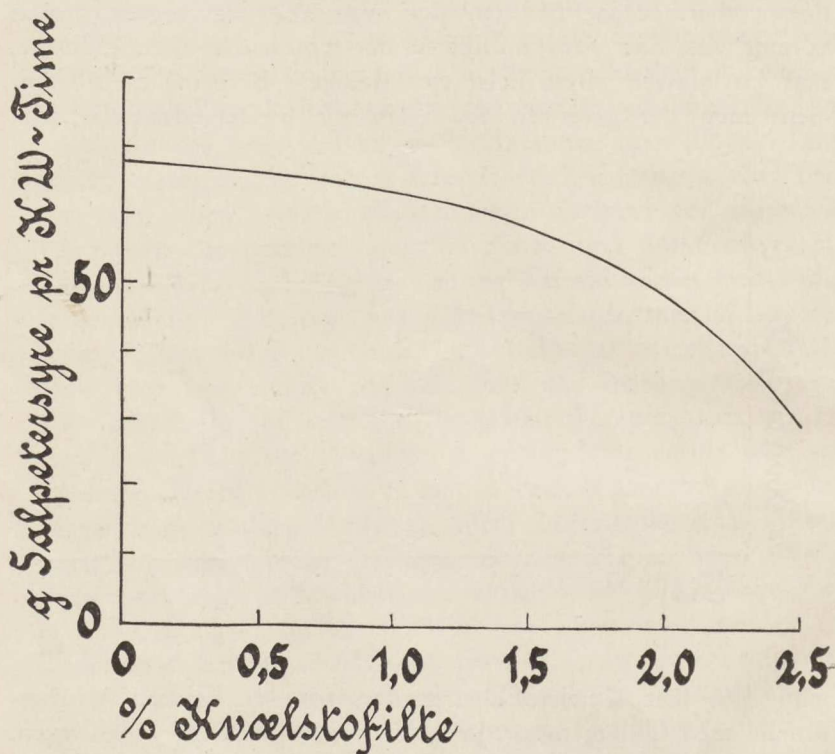


Fig. 13.

At det ikke er smaa Varmemængder, det drejer sig om, kan en Beregning vise. Antager vi, at Temperaturen i Buen er 3500° , og at de dertil svarende 5,8 % Kvælstofilte virkelig kan fjernes fra Buen uden Tab, — altsaa et særligt gunstigt Tilfælde, som ikke kan realiseres i Praksis — faar vi, at den Varme, der skal til for at danne 30 g Kvælstofilte, som ovenfor nævnt, er 21000 cal, medens den Mængde Varme, som medgaar til at opvarme det tilsvarende Volumen Luft til Buens Temperatur, er 455000 cal. Sagen stiller sig gunstigere, hvis Buen arbejder ved højere Temperatur, idet man da faar en større Kvælstofiltekoncentration,

vel at mærke stadig under Forudsætning af at Ligevægten ikke gaar tilbage ved Afkølingen. I Tabellen er disse ideale Tal beregnet for nogle Temperaturer, Udbyttet angivet i kg vandfri

Temp.	kg Salpetersyre pr. Kilowattaar:
4400 ⁰	1225
3500 ⁰	990
2500 ⁰	490

Salpetersyre pr. Kilowattaar. Til Sammenligning kan det anføres, at de Praksis vundne Udbytter er 500—600 kg Salpetersyre pr. Kilowattaar. Efter disse Betragtninger kan det nok indses, at Kvælstofforbrændingen kun kan udføres med Fordel paa Steder, hvor man har Elektriciteten billigt.

Prisen for for den elektriske Energimængde 1 Kilowattaar varierer naturligvis efter, hvorledes den produceres. I vedføjede Tabel er angivet nogle Priser, beregnet under de gunstigst mulige Forudsætninger. Man faar et Begreb om Tallenes Betydning ved at erindre, at den gamle Pris for Lyselektricitet i København var 35 Øre pr. Kilowatttime; det svarer til en Betaling af ca. 3000 Kr. for 1 Kilowattaar. Allerede hvor Elek-

Drivkraft:

1 Kilowattaar koster:

Store Vandkraftanlæg:

Norge..... 20 Kr.

Schweits og Østrig..... 40 »

Ved Niagara..... 80 »

Gikt og Generatorgasanlæg..... 50 »

Store Dampanlæg..... 100—300 »

tricitetsprisen er saa dyr som ved Niagara kan Fremstillingen af Luftsalpeter under normale Forhold ikke forrente sig. Man kan naturligvis ikke andet end beundre den storstilede Industri, som i Løbet af faa Aar er blevet skabt i Norge; men man kan heller ikke være blind for, at den betyder en Ødslen med elektrisk Energi. Det er selvfølgelig bedre at bruge Vandfaldene til Fremstilling af Luftsalpeter end slet ikke at bruge dem; men den Tid kan næppe være fjern, da de med større Fordel kan anvendes i andre Øjemed. Mulighederne for tekniske Forbedringer af Betydning synes ikke store.

Gunstigere stiller Udsigterne sig for den næste af de tekniske Metoder, Dannelsen af Ammoniak direkte af Brint

og Kvælstof*). Denne Syntese afgiver et smukt Eksempel paa, hvorledes den teoretiske Kemi kan bidrage til Løsningen af tekniske Sørgsmaal. Brint og Kvælstof forener sig først ved ret høje Temperaturer med kendelig Hastighed med hinanden, og der ligger den kemiske Ligevægt saaledes, at der kun kan dannes ganske smaa Mængder Ammoniak; ved lavere Temperaturer er Ligevægten gunstigere, men til Gengæld reagerer Kvælstoffet saa trægt, at man ikke i rimelige Tidsrum faar dannet paaviselige Mængder Ammoniak. Foretages Processen derimod under stort Tryk, vil Ligevægten ved en given Temperatur — af Grunde som vi ikke her skal komme nærmere ind paa — forskydes til Fordel for Ammoniakken, og samtidig bliver Reaktionshastigheden større. Det er den tyske Professor HABER'S Fortjeneste at have vist, at dette sker i en saaadan Grad, at Processen trods alt lader sig gennemføre teknisk.

Tabellen viser, hvor mange % Ammoniak der ved forskellige Temperaturer dannes i en Blanding af 1 Rumf. Kvælstof og 3 Rumf. Brint ved henholdsvis 1 og 100 Atmosfærers Tryk.

Temp.	% Ammoniak ved 1 Atm.	% Ammoniak ved 100 Atm.
800°	0,011	ca, 1,1
700°	0,021	» 2,1
600°	0,048	» 4,5
500°	0,48	» 10,8
400°	1,3	

Reaktionen foretages da paa den Maade, at en Blanding af Kvælstof og Brint i det rette Forhold komprimeres til ca. 100 Atmosfærers Tryk og ledes hen over en Katalysator ved en Temperatur paa 400°—500°, (En Katalysator er som bekendt et Stof, der fremskynder en kemisk Reaktions Hastighed uden selv at drive eller forandres ved Processen; Virkningen er analog med Oliens i en Maskine.) Herved dannes ca. 8 % Ammoniak, som let kan isoleres fra den udtrædende Luftblanding enten ved, at man leder denne gennem Svovlsyre, hvorved der dannes Ammoniumsulfat, eller ved at fortætte Ammoniakken til Vædske.

Det har imidlertid kostet et meget stort Arbejde, inden man naaede saa vidt, og Metodens tekniske Udarbejdelse skyldes sikkert i højere Grad Ingeniørerne ved »Badische Anilin» und

*) Se »Naturens Verden« 2. 1918. S. 59.

Sodafabrik« end Haber selv. Fig. 14 viser skematisk det Apparat, Haber brugte ved sine Undersøgelser i Laboriet. Inderst findes et tyndt Jernrør med 9–12 mm Lysning, som er omviklet med Asbestpapir og ved Hjælp af en Nikkeltraadbevikling kan opvarmes elektrisk. Inden i Jernrøret er anbragt et Kvartsrør, som i en Udvidelse forneden bærer Katalysatoren, og lige op ad denne ligger et Termoelement, der tjener til Kontrol af Temperaturen. Kvælstof-Brint-Blandingen føres ind gennem dette indre Rør, og forlader Ovnens gennem en Staalapillar. Ved Afkøling af Luftarterne skilles Ammoniakken fra, og Resten ledes igen tilbage til Ovnens. Det hele er indesluttet i en Staalbombe, og Mellemrummet er udfyldt med en Varmeisolerationsmasse og holdes ved Hjælp af en særlig Ledning ligeledes under Tryk, da det indre Rør ikke vilde være i Stand til at modstaa Trykket ved den høje Temperatur. Som Katalysatorer anvendtes Cerium, Mangan, Ruthenium, Wolfram, Uran og Osmium; de to sidste viste sig særlig virksomme og gjorde det muligt at opnaa Ammoniakkoncentrationer paa indtil 9 Procent, men de er for sjældne og kostbare til at kunne anvendes i Storindustrien. Senere viste det sig, at ogsaa mere almindelige Metaller som Jern, Nikkel, Kobolt og Krom er gode Katalysatorer, og de, som nu anvendes ved Fabrikationen, bestaar i Hovedsagen af Jern.

Ved Udarbejdelsen viste der sig forskellige Vanskeligheder, som ikke var helt lette at overvinde. Katalysatorerne udmærker sig ved at være overordentlig følsomme for smaa Urenheder i Luftarterne, de bliver ligefrem »forgiftede« og ophører at fungere. Et Svovlindhold $\frac{1}{1000}$ Promille i Luftblandingen virker allerede generende. Luftarterne maa derfor først gennemgaa en vidtløftig Rensningsproces og til Slut ved høj Temperatur ledes over Stoffer af samme Art som Katalysatorerne, inden de ledes ind i Ovnens. Endvidere maatte der skabes en ganske ny og egenartet Apparatur for at kunne gennemføre Processer ved

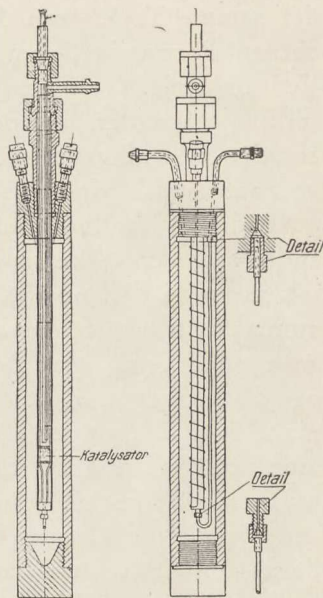


Fig. 14.

Rødglødhede under 100 Atmosfærers Tryk, Det blev f. Eks. konstateret, at kulstofholdigt Staal under disse Omstændigheder taber sit Kulstof ved Brintens Indvirkning, hvorved dets Eyne til at modstaa Tryk forringes til næsten ingenting; ogsaa Jern forandres og bliver gennemtrængeligt for Brint. Af den Grund konstrueres Apparatet saaledes, at det indre Rør laves af et overfor Brint meget modstandsdygtigt Materiale som Nikkel eller Sølv, medens det ydre Rør holdes afkølet og tjener til at optage Trykket; i Rummet imellem dem ledes Kvælstof under det samme Tryk, som der hersker i det indre Rør. Endelig er der en Forurening, som der særlig skal passes paa, nemlig Ilt. Ved de høje Tryk naaes Eksplosionsgrænsen selv ved meget smaa Iltmængder, og de mange Forsøg er sikkert ikke gaaet af uden adskillige Eksplosioner; denne Fare søges nu afværget ved automatisk virkende Alarmeringsapparater.

»Badische Anilin- und Sodafabrik« var sammen med visse andre store tyske kemiske Fabrikker til at begynde med stærkt interesseret i den norske Salpeterindustri; men da Haber's Ammoniaksyntese var blevet nogenlunde udarbejdet i en teknisk anvendelig Form, trak de Kapitalen (ca. 20 Mill. Mark) tilbage og gik i Gang med at anlægge Fabrikker for syntetisk Ammoniak. I 1913 produceredes paa denne Maade 35000 Tons Ammoniumsulfat, i 1916 ca. 300000 Tons og nu langt mere, saa at Tyskland dækker mere end Halvdelen af sit Kvælstofforbrug ved Hjælp af Haber's Ammoniak. Det er klart, at en Opfindelse som denne har haft den allerstørste Betydning for Tysklands militære Stilling, og det er ingen Overdrivelse, naar det er sagt, at denne Krig var en Krig mellem de krigsførende Magters Kemikere.

Paa mange Maader stiller Ammoniaksyntesen sig overordentlig gunstig; Kraftforbruget er meget ringe, ca. 0,5 Hestekrafttimer pr. kg Ammoniak. Udgangsmaterialerne Kvælstof og Brint skal ganske vist fremstilles særskilt, men er ikke særlig kostbare. Ved Destillation af flydende Luft kan Kvælstof fremstilles for ca. 2 Pfennig pr. kg. Brinten fremstilles ved at lede Vanddamp gennem en Generator med glødende Koks; herved dannes en Blanding af Kulilte, Kulsyre og Brint. Af denne Blanding fjernes Kulsyren ved Hjælp af Kalk, Resten afkøles i flydende Luft, hvorved Kulilte og Urenheder men ikke Brint fortættes. Sammen med Brinten vindes der altsaa ogsaa Kulilte, som bag-

efter kan bruges til Drift af Gasmotorer og afgive den til Fabrikationen nødvendige Energi. Paa denne Maade kan Brint fremstilles for ca. 50 Pfenning pr. kg. Efter disse Opgivelser har Raamaterialerne til Fremstilling af 100 kg Ammoniak en Værdi af 10,50 Mark, medens de 100 kg færdig Ammoniak normalt betales med ca. 100 Mark. Fabrikationen kan altsaa nok forrente selv en meget betydelig Anlægs kapital.

Den tredie Metode til Binding af Luftkvælstof, nemlig Dannelsen af Metalnitrider, kan foreløbig kun for et enkelt Metals Vedkommende siges at

have Muligheder for storindustriel Anvendelse. SERPEK viste, at en Blanding af Mineralet Bauxit, som er urent Aluminiumilte, og Kul ved Temperaturer i Omegnen af 1800—1900° reagerer med Luftkvælstof under Dannelse af

Aluminiumkvælstof (Aluminiumnitrid) og Udvikling af Kulilte. Paa Grund af den høje Temperatur maa Processen foretages i roterende elektriske Ovne, der opvarmes ved, at svære Kulstænger, som er indbygget paa tværs igennem Ovncylindren, holdes stærkt glødende ved Hjælp af elektrisk Strøm. Fig. 15 viser

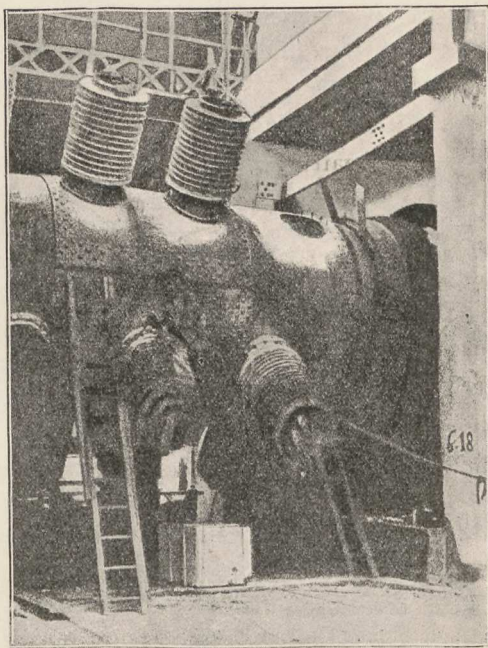


Fig 15. Serpeks elektriske Ovn til Fremstilling af Aluminium-Nitrid.

det ydre af en saadan Ovn. Reaktionsproduktet behandles derefter i Avtoklaver med en Opløsning af Natriumaluminat, hvorved Nitridet sønderdeles, saa at man vinder Ammoniak og rent Aluminiumhydroxyd, der senere bruges som Udgangsmateriale ved Fremstillingen af Aluminium. Den samme Aluminatopløsning kan bruges i lang Tid. Metoden er imidlertid daarlig nok kommet ud over Forsøgsstadiet, det kniber med at skaffe Ovnfor, som er tilstrækkelig modstandsdygtigt ved den

høje Temperatur. Udgangsmaterialerne er billige, men Kraftforbruget er ikke helt ringe. Pr. Kilowattaar bindes ca. 5000 kg Kvælstof og fremstilles ca. 2 Tons Aluminiumhydroxyd. Det er dette værdifulde Biprodukt, som gør, at Processen i det Store kan forrente sig; men samtidig gør det Fabrikationen afhængig af Aluminiummarkedet. Mærkværdigt er det, at rent Aluminium ikke egner sig nær saa godt til denne Proces som Bauxit; Urenhederne i dette (navnlig Jern) spiller aabenbart en stor Rolle ved at katalysere Processen.

Luftkvælstoffets Overførelse til Baryumcyanid var den første Proces til Kvælstofbinding, som blev forsøgt i virkelig stor Stil; den blev imidlertid atter opgivet som urentabel, Metoden er baseret paa, at f. Eks. en Blanding af Baryumkarbonat og Kul ved Temperaturer i Nærheden af 1000—1100° kan reagere med Kvælstof under Dannelse af Baryumcyanid. Cyanid kan imidlertid ikke bruges til Gødningsstof, og man omdannede derfor Kvælstoffet til Ammoniak ved at lade Massen køle af til ca. 300° og blæse Vanddamp ind over den; derved gendannes Baryumkarbonat, medens Kvælstoffet fraspaltes som Ammoniak. Der blev engang bygget et stort Anlæg i Tilknytning til en Ammoniaksodafabrik for at forsyne denne med Ammoniak, men Metoden blev som nævnt opgivet, fordi Gasværkerne kunde levere Ammoniakken billigere. Cyaniddannelsen kræver nemlig Tilførsel af meget betydelige Varmemængder, der absorberes omtrent 100000 cal. for hver 28 g Kvælstof, som bindes; hertil kommer yderligere Varmetabet ved Driften. I den nyeste Tid har man i Sverrig taget denne Metode op paa et noget andet Grundlag; ved at sammensmelte alkalirige Bjærgarter med Kul i elektrisk Ovn og lede Kvælstof igennem Massen faas et Reaktionsprodukt, der indeholder Alkalicyanid, og af hvilket der kan fremstilles Ammoniak og Potaske eller Soda. Ogsaa her kræves store Energimængder, og Udnyttelsen er ikke særlig god (der bindes ca. 100 kg Kvælstof pr. Kilowattaar); men de meget værdifulde Biprodukter kan muligvis alligevel gøre Fabrikationen rentabel.

Den sidste Proces, der skal omtales, Dannelsen af Kalciumcyanamid, betød egentlig en Skuffelse, da den fremkom. FRANK og CARO iagttog, at Kvælstof ved høj Temperatur kan reagere med visse Karbider f. Eks. Kalciumkarbid, og det antoges til at begynde med, at der derved dannedes Kalciumcyanid, og de før-

ste Patenter lyder paa Cyanidfremstilling. Efterspørgslen efter Cyanid var nemlig stor, idet man var begyndt at anvende det ved Guldudvinding i Transvaal og andre Steder. Det vidste sig imidlertid snart, at der ikke dannes Kalciumcyanid men et andet Stof, Kalciumcyanamid, under samtidig Udskillelse af frit Kul i Massen. Tillige viste det sig, at Kvælstoffet i Kalciumcyanamid let kan overføres til Ammoniak ved Behandling med Vanddamp, og endelig at Stoffet selv er et særdeles brugeligt Gødningsmiddel. For at blive fri for det giftigt klingende Ord »Cyanamid« gav man Stoffet Navneforandring og kaldte det »Kalkkvælstof«. Det er imidlertid ubehageligt at have med at gøre, det er sort af Kulstof, og Støvet angriber Luftvejene. Et lille Indhold af uomdannet Karbid kan, naar Stoffet kommer i Berøring med Fugtighed, give Anledning til Udvikling af Acetylen og Eksplosioner; for nogle Aar siden gik en Dampers under i Nordsøen som Følge af en saadan Eksplosion. Ved Tilvirkningen af Kalkkvælstof forbruges megen Energi, idet Karbidet kun lader sig fremstille i elektrisk Ovn; til Gengæld foregaar Kvælstofoptagelsen — Azoteringen — frivilligt under Varmeudvikling, naar blot Stoffet er ophedet til en tilstrækkelig, ikke særlig høj Temperatur — ca. 900°. I det hele faar man efter denne Fremgangsmaade bundet adskilligt mere Kvælstof med den samme Energimængde end efter Birkeland - Eyde - Metoden. Produktionen har været i stærk Stigning, i Aaret 1914 var den oppe paa 250000 Tons.

Som det er fremgaaet af det foregaaende, fører de sidstnævnte Kvælstofbindingsmetoder til Produktet Ammoniak, som vel lader sig anvende til Gødning, men ikke til Fremstilling af f. Eks. Sprængstoffer, og som ogsaa hvad Gødningsværdien angaar staar tilbage for Nitraterne. Meget af den saaledes fremstillede Ammoniak omdannes derfor ved Hjælp af den katalytiske Iltning til Salpetersyre. Denne Proces er baseret paa, at Ammoniak kan brænde; under almindelige Omstændigheder brænder den til en Blanding af Vanddamp og frit Kvælstof, men hvis den blandet med Luft ledes hen over glødende Platin, forbrænder baade Kvælstoffet og Brinten, saa at man faar en Blanding af Kvælstofilte og Vanddamp, der kan oparbejdes til Salpetersyre ligesom ved selve Luftforbrændingen. Ganske vist gaar en Del af Kvælstæffet — ca. 10 % — trods Platinet over til frit Kvælstof, der altsaa maa betragtes som tabt, men paa

Grund af Salpetersyrens langt større Salgsværdi er Metoden alligevel rentabel. Processen, som først er blevet grundigt gennemarbejdet af OSTWALD, er, maskinelt set, simpel og let at gennemføre, men den paafølgende Absorption af Kvælstofiltern og Koncentration af Salpetersyren medfører dog betydelige Driftsomkostninger.

For at bedømme, hvilken Betydning der i Fremtiden kan tillægges disse Metoder, maa man betragte de forskellige Fabrikationers økonomiske Grundlag. Det er ikke let at skaffe sig de fornødne Dato; de i nedenstaaende Tabel anførte Tal er taget efter en Afhandling af NAUCKHOFF («Ingeniøren» 27. Nr. 40.). Det angives udtrykkeligt, at de kun kan betragtes som omtrentlige.

Tabel over Omkostningerne ved Fremstilling af 96 %'s Salpetersyre. Beregnet i Kr. pr. Ton Kvælstof.

Metode:	Kraft:	Raama- terialer:	Driftsom- kostn.	Sum	Normal Salgspris:
1) Direkte Kvælstoffor- brænding i Norge:	..215...	20...	390..	625....	1700
2) Kalciumcyanamid:....	90...	180...	740..	1010....	1700
3) Haber-Ammoniak:....	15...	180...	705..	900....	1700
4) Chilesalpeter f. Krig..	0...	1390...	110..	1500....	1700
5) Chilesalpeter nu.....	0...	3170...	110..	3280....	1700

Til denne Tabel er at bemærke, at der ved 1) er regnet med den norske Kraftpris — 20 Kr. pr. Kilowattaar, medens Kraften ved de andre Fabrikationer er beregnet efter den billigste amerikanske Pris — 10 Dollars pr. Kilowattaar. Det ses, at ved Birke-land - Eyde - Metoden spiller Energiforbruget en betydelig Rolle, ligesaa Omkostningerne ved Oparbejdelsen af Kvælstofilterne, medens Raamaterialernes Pris er forsvindende. Kalkkvælstoffabrikationen har et langt mindre Beløb paa Kraftkontoen; til Gengæld er Raamaterialerne — Kalk, Kul, Kvælstof — mere værdifulde, ligesom ogsaa Ammoniakkens Omdannelse til Salpetersyre er temmelig kostbar. Ved Haber-Processen er Driftsomkostningerne de største, Kraftbruget minimalt. Til Sammenligning er anført, hvor meget det før Krigen og nu koster at fremstille Salpetersyre ved Destillation af Chilesalpeter med Svovlsyre; her er det selve Salpeteret, der er det kostbareste; den store Stigning under Krigen skyldes de høje Fragter.

Efter disse Opgivelser bliver Resultatet, at trods det uhyre, og teoretisk set meget utilfredsstillende store Kraftforbrug ved den elektriske Luftforbrænding er denne Metode — paa Steder, hvor Kraften haves saa billigt som i Norge — alligevel den mest økonomiske, og den er i Stand til at konkurrere selv efter et betydeligt Prisfald. Dette Resultat er noget afvigende fra den almindelige Opfattelse, der snarere sætter Haber's Metode i Spidsen. Da Tallene, som nævnt, ikke maa betragtes som absolut paalidelige, kan dette Spørgsmaal ikke drøftes nærmere. De bedste Fremtidsudsigter har uden Tvivl Ammoniaksyntesen, fordi dens Økonomi er uafhængig af den billige Energi. Det er ogsaa den af de nye Industrier, der producerer mest.

Vil man endelig spørge, om Kvælstofproblemet er løst, saa maa dette besvares med baade ja og nej. Kvælstofhunger kan ikke indtræde; men de syntetiske Kvælstofforbindelser staar stadig i nær de samme Priser som Chilesalpeteret. Først naar de kan leveres meget billigere, kan Problemet betragtes som helt løst. Om det bliver en eller flere af de her omtalte Processer eller maaske helt nye, der hidfører den endelige Løsning, er

Rug	128 0/0	Havre	68 0/0
Hvede	83 0/0	Kartofler	125 0/0

ikke godt at vide; men naar man betragter den vedføjede Tabel og ser, at Tyskland i Tidsrummet fra 1880 til 1913 har forøget Høsten med de Tal, der er angivet, samtidig med at Kvælstofforbruget er steget fra næsten ingenting til over 200000 Tons om Aaret, saa forstaar man, at der for den kemiske Teknik ikke gives noget vigtigere Problem end Kvælstofproblemet. Det er simpelthen et Livsspørgsmaal.

Blod-Kredsløbet i Musklerne.

Referat af AUG. KROGH: Vævenes Forsyning med Ilt og Kapillarkredsløbets Regulering. Det kgl. Danske vidensk. Selsk. Biologiske Medd. I⁶.

Ved *Rich. Ege*.

Den menneskelige saavel som den dyriske Organisme kan sammenlignes med en Maskine, der stadig maa producere Energi; for at dette skal være muligt, maa Organismen have tilført Stoffer, der ved at forene sig med Luftens Ilt frigør den nødvendige Energi.

Denne Energiomsætning foregaar i Legemets Celler; det er de enkelte Celler, der maa udføre Arbejdet, hvad enten det nu er Muskelceller eller Kirtelceller, derfor maa der ske en stadig Tilførsel af Næringsstoffer og Ilt til Cellerne. Disse Stoffer føres fra Tarmkanalen (Næringsstofferne) og Lungerne (Ilt), hvor de optages, med Blodet rundt i hele Legemet.

De Kræfter, der fører til Optagelsen af Næringsstoffer, er kun lidet kendte, dog er det maaske mindre oplyst, hvorledes Næringsstofferne fra Blodet formaar at komme ud til hver enkelt af Legemets utallige Celler.

I Sammenligning med vort mangelfulde Kendskab til Næringsstoffernes Optagelse gennem Tarmkanalens Vægge er Lovene om Iltoptagelsen gennem Lungerne velkendte, først og fremmest som Følge af en Række Undersøgelser, foretagne af den danske Fysiolog AUG. KROGH.

Krogh har vist, at Iltrykket i vore Lunger er højere end Iltrykket i det Blod, der strømmer fra Lungerne (det arterielle, d. v. s. det iltede Blod). Ilten vil derfor ved en simpel fysisk

