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*

DTB Danmarks Tekniske Bibliotek

KUN
til brug på
LÆSESAL

P. L. Schmidt

DANMARKS TEKNISKE BIBLIOTEK
170265
300006850948

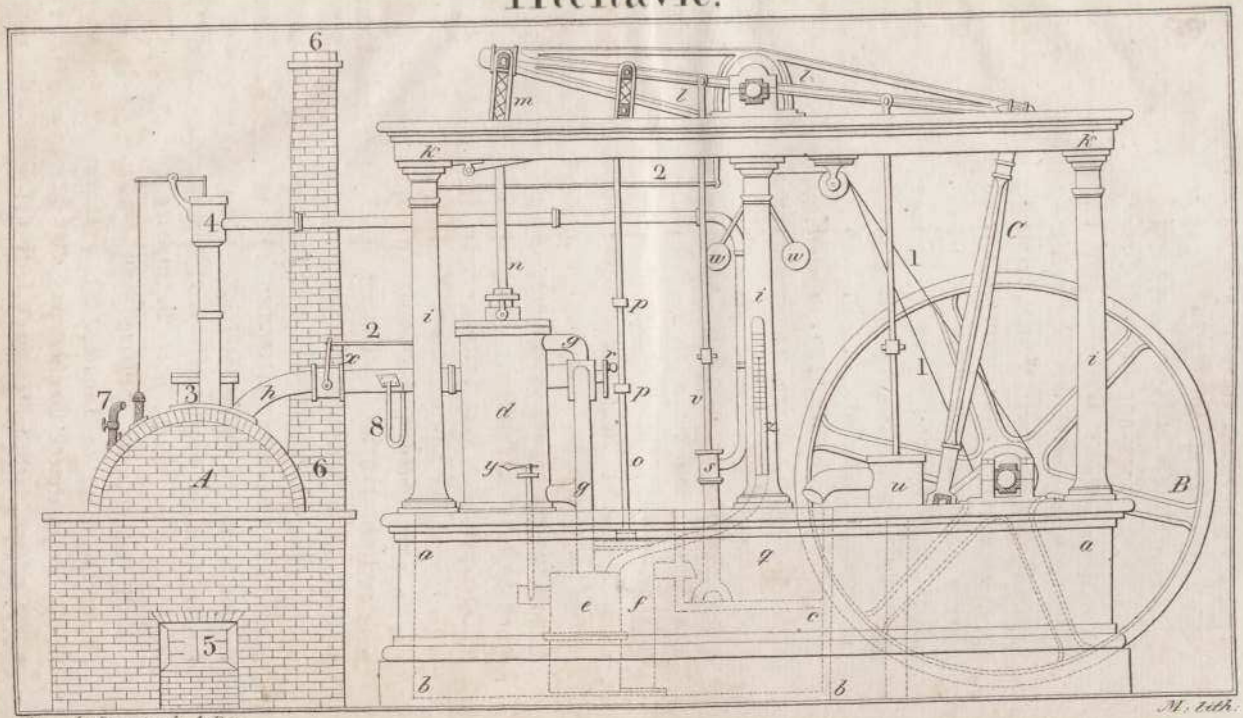
POLYTEKNISK LÆREANSTALT
Teknisk Bibliotek

POLYTEKNISK LÆREANSTALT
Teknisk Bibliotek

TB Gl.
531.0 Urs

DANMARKS
TEKNISKE BIBLIOTEK

Titeltavle.



Kongl. Steentryk: A. Dir.

M. lith.

Haandbog

i

den mechaniske Deel af Naturlæren,

indeholdende

Læren om de faste og flydende Legemers Ligevægt og Bevægelse

og

en udforlig Efterretning om Opfindelsen, Uddannelsen og den nærværende Beskaffenhed af

Dampmaskinen,

bearbeidet efter

MILLINGTON's epitome of natural and experimental philosophy

af

Dr. Georg Fr. Ursin,

Medlem af Selskabet for Naturlærens Udbredelse.

Med 14 graverede Steentryk.

Kjøbenhavn 1826.

Trykt paa Udgiverens Forlag,

hos Directeur Jens Hostrup Schultz,

Kongelig og Universitets-Bogtrykker.

Sælges hos Universitets-Boghandler Brummer, i den Gyldendalske Boghandling, hos Boghandler Reitzel og hos Hofboghandler Schubothe i Kjøbenhavn, hos Mesell, Keyser & Comp. i Christiania.

DUBLET
Statsbiblioteket
i Aarhus

Idet jeg slutter Bearbeidelsen af dette Værk, troer jeg snareſt at burde henvende mig til dets Forfatter med Bøn om Tilgivelse for de mange Steder, jeg har forandret hans Udtryk. Ere imidlertid disse Forandringer af den Natur, at jeg tor haabe, Millington selv vilde have gjort dem, hvis han havde skrevet for den

Kongelig Bibliotek, København

danske Læser, da vil jeg turde vente hans Tilgivelse, ligesom ogsaa, at Bogen vil vedligeholde Publikums Yndest i samme Grad, som den allerede har vundet den fra sin første deelvise Fremtræden.

G. F. Ursin.

Første Afsnit.

Indledning.

I en oplyst Tidsalder, som den nærværende, i hvilken Naturundersøgelser med Iver anstilles, og Naturlæren almindeligen dyrkes, behøver man ikke at tale om Nytten af et Værk, som det nærværende, hvis Plan er, som Titelen angiver, at være en Haandbog i den mechaniske Deel af Naturlæren, og som udgives i den Hensigt, at meddele Læseren denne Videnskabs Hovedsætninger og tillige disses nærmeste Anvendelse. Foruden Udviklingen af disse Sætninger er tilføiet en nøiagtig Beskrivelse af de Forsøg, som tjene til at godtgjøre samme.

Forsøg betragtes nu som Grundlaget for Naturlæren, og Intet optages inden dens Grændser, som ikke ved det holder Prøve. De Nyeres Naturlære skjelner sig i saa Henseende væsentligen fra de Gamles, efterdi hiin er bygget paa Fornuftens og Erfaringens faste Grundvold, medens denne havde Intet uden løse Gisninger til Støtte. Bacon, Cantsler hos den engelske Konge Jacob den Første, og som med Rette ansees som de engelske Naturlæreres Fader, var den, som udrev Videnskaben af den Forglemmelse, hvori den i lang Tid havde hvilet; samtidigen med ham arbeidede Italiæneren Galilæi. Flere traadte i deres Fodspoer, og saaledes uddannedes Mechaniken, i England af Boyle og den udødelige Newton, paa Fastlandet af Descartes, Torricelli, Guerike, Huyghens, Bernouillierne, Euler, d'Alembert, Lagrange, Laplace og Flere. Ved disse Mænds Genie er Videnskaben i nogle faa Aarhundreder hævet til en Høide, som selv dens varmeste Beundrere ikke havde turdet haabe ved dens første Udspring.

For at forstaae Naturens forskjellige Virkemaader, maae vi undersøge den i dens meest enkelte og ubundne Tilstand: vi maae bestræbe os for at udforske dens Grundvirkninger, førend vi gaae over til dem, der ere sammensatte og kunne udledes af hine. Det første Afsnit skal derfor afhandle **Materiens Natur og mechaniske Egenskaber.**

Ved mechaniske Egenskaber forstaaes de, som ere Gjenstand for een eller anden mechanisk Virksomhed, saasom Veining, Brydning, Maalning o. desl. uden at der tages Hensyn til Sammensætningen af Bestanddelene af den Ting, der undersøges. Saaledes vil Vandets mechaniske Virkning overhovedet være den samme, enten det er taget af en Flod eller Kilde, ligeledes de forskjellige Gasses eller Luftarters, ihvorvel deres Bestanddele ere høist forskjelligen sammensatte. En Undersøgelse heraf kan ene skee ved chemiske Midler, og de derved fundne Egenskaber kaldes derfor passende **Materiens chemiske Egenskaber.**

Materie er det almindelige Navn, som gives enhver Substants eller Ting, der er istand til at udfylde et Rum, eller som har Egenskaberne: Længde, Brede og Tykkelse. Følgeligen kaldes Alt, som man kan see og føle, Materie.

Naar vi beskrive Materiens Egenskaber, saa maae vi bemærke, at disse ikke tilhøre de Legemer eller Substantser, vi forefinde, men de enkelte Bestanddele, hvoraf de ere sammensatte. Disse enkelte Dele, hvoraf alle Legemer bestaae, kaldes Grunddele eller **Elementer.**

De Gamle antoge kun fire Elementer, nemlig Ild, Vand, Jord og Luft, og, at af disse eller deres Forbindelse alle Legemer i Naturen vare dannede. Længe har man antaget dem som Elementer; men den nyere Chemie har opdaget, at de ikke ere enkelte, og i deres Sted sat en Fortegnelse paa henved 40 forskjellige Gjenstande, som, idet de have modstaaet ethvert Forsøg til at opløse dem, synes berettigede til at kaldes Elementer. Disses Navne og Eiendommeligheder ville findes angivne i enhver nyere chemisk Lærebog.

Ihvorvel de forskjellige Legemer, som Naturen frembyder til vor Jagttagelse, ere forskjellige for Følelsen, i Vægt og i

Udseende, saa besidde dog deres Bestanddele Materiens almindelige mechaniske Egenskaber, hvilke ere fem i Tallet, nemlig: 1) Materiens Dele ere sammenhængende og indtage Rum; 2) de ere deelbare i det Uendelige; 3) de ere nigjennemtrængelige; 4) de besidde Bevægelighed, men tillige Ligegyldighed mod Bevægelse og Hvile; 5) de tiltrække og tiltrækkes.

Den første af disse Egenskaber behøver intet Beviis; thi den allerede givne Forklaring paa Materie er, at den har Længde, Brede og Tykkelse, og Intet kan have disse Egenskaber, uden at indtage Rum og være sammenhængende, d. e. saaledes at den ene Deel følger umiddelbart paa den anden. Disse Særkjender findes hos enhver Materie, endskjøndt man ved første Øiekast ofte ikke bliver dem vaer: saaledes er Luft, skjøndt usynlig, Materie; thi tage vi et Glasrør, der er aabent i begge Ender, og slutte dets øverste Ende med Fingeren, og stikke den dernæst med den anden Ende ned i et Kar Vand, da ville vi spore Luftens Materialitæt og, at den optager et bestemt Rum, eftersom den ikke vil tilstede Vandet at trænge ind, førend man slipper Fingeren, da Luften saa undviger, og Vandet kommer til at staae lige høit udvendigen og indvendigen.

Materiens anden Egenskab bestaaer i, at den er deelbar i det Uendelige, eller med andre Ord, at de oprindeligen sammensættende Dele eller Grunddelene, hvoraf alle Ting ere dannede, ere ubegribeligen smaae. Saaledes, dersom Marmor eller et andet skjørt Legeme er knuset til det fineste Pulver, som Menneskekunst kan frembringe, ere dets Grunddele derved endnu ikke komne tilsyne, end mindre knuste eller forvanskede; thi, dersom dette Pulver undersøges under et Forstørrelses-Glas, da vil ethvert Gran af samme findes at være en Steen, i Udseende aldeles lig den Blok, hvoraf det er brudt, og følgeligen, hvis vi blot ere forsynede med tilstrækkelige Midler, ville vi være istand til endnu at dele denne lille Deel, og bringe den til et endnu finere Pulver. Opløses et Stykke Kobber af et Grans Vægt i omtrent 50 Draaber Salpetersyre, og Opløsningen siden bliver fortyndet med omtrent en Untse Vand, saa indsees, at enhver Draabe maa in-

beholde uendeligt lidet Kobber, og dog, saasnart et Stykke poleret Staal eller Jern dyppes ned i den fortyndede Opløsning, vil det strax bedækkes med en heel Hinde af Kobber, følgeligen alt det Jern, som Opløsningen formaaer at væde, vil blive bedækket af Kobber, hvilket viser, hvor uendeligt Kobber kan deles, uden nogen Forandring i dets Deles indre Forbindelse. — Guld strækkes under Guldslagerens Hammer i tynde Plader, eller Bladguld, saaledes at $\frac{1}{300000}$ af et Gran bliver synligt for det blotte Øie, ja endog med et Forstørrelses-Glas, som blot forstørrer 10 Gange, $\frac{1}{3000000}$ af et Gran. Ferguson har beregnet, at et eneste Pund Guld vilde være tilstrækkeligt for at bedække eller aldeles forgylde en Sølvtraad, der kunde omspænde Jorden, altsaa over 5000 Mile lang. Men Kunstens Vidundere ere Intet imod dem, Naturen frembringer: Leuwenhöck forsikrer, at han, ved Hjælp af Forstørrelses-Glasset, har været istand til at skjelne 2 Millioner Smaadyr i en Deel af Mælken af en Torsk, hvilken ikke var større end et Sandskorn. — Ædderkoppen udspinder sine Traade af 6 Vorter, som findes paa dens Bagliv; disse Traade ere ikke enkelte, men sammensatte, idet hver Vorte har en Mængde Aabninger, vi kunne regne flere end 1000, hvoraf den Saft, der danner Traaden, udpresses. Men de aldeles nyfødte Ædderkopper udspinde endog lignende Traade, hvilke altsaa maae være end finere. Vi indsee nu, hvor uendeligt mange Dele vi maatte kunne tænke os i et Spind, som i en kort Tid udvikles af en Ædderkops lille Legeme.

Naturen synes at have givet Materien den tredie Egenskab, nemlig dens **uigjennemtrængelige** Bestandighed, paa det at dens Værker skulle være uforgjængelige; thi, skjøndt Materien i mange Tilfælde synes at forsvinde, f. Ex. ved Fordampning og Forbrændning, beviser dog Chemien, at den ikke taaler nogen Tilintetgjørelse, men at Grunddelene endnu ere til, ihvorvel de ved den tilfældige Forandring have modtaget en anden Skikkelse. Endog Legemer, som synes bløde, saasom Luft og Vand, vise sig haarde, naar de underkastes en særegen Undersøgelse; thi, skjøndt man ikke kan anstille Forsøg med selve Grunddelene, vil dog Virkningen af deres Forbin-

delse vise sig paa forskjellig Maade. Saaledes, naar en Deel Vand holdes i et aabent Rør, synes det ikke at vise nogen betydelig Kraft, paa Grund af den Modstand, det møder i Luften; men, dersom Luften udpumpes, og Modstanden derved hæves, da vil Vandet lyde, som om Stene eller Hagel faldt i dets Sted. Et saadant Instrument, som er luftitomt og blot indeholder noget Vand, kaldes en **Vandhammer**. Vandets Haardhed mod Tryk viser sig ogsaa paa en beundringsværdig Maade ved **Bramahs** hydrauliske Presse (hvilken findes beskreven i Afsnittet om Hydrostatiken). Luft er forskjellig fra Vand deri, at den lettere lader sig sammentrykke, men dens Bestandighed viser sig ved Vanskeligheden af at sammentrykke en Blære, fyldt med samme, og ved det Knald, den frembringer, naar den sprænger en Blære, der er bunden over et Rør, hvoraf Luften udpumpes ved Luftpumpen.

Materiens fjerde Egenskab er, at den besidder **Bevægelighed**, men tillige **Ligegyldighed mod Bevægelse og Hvile**. Ved dens Bevægelighed forstaaes, at den stedse kan bevæges, naar tilstrækkelig Kraft anvendes, for at overvinde dens Masse, og ved dens Ligegyldighed, at den er uvirksom og ligesaa lidet antager af sig selv Bevægelse som Hvile, men modtager begge, og udøver derhos stedse en Anstrængelse for at forblive i den Tilstand, hvori den er, F. Ex. naar en Person rider, og Hesten pludseligen gjør Holdt, eller han er i en Vogn eller Baad, som standses ved at støde an mod Noget, da kastes Personen forud, formedelst den umærkelige Bestræbelse, han gjør for at forblive i Bevægelse, hvori han var; og, at dette er Tilfældet ligesaavel med den livløse, som med den levende Natur, vil vise sig ved pludseligen at give et Stød til et Kar, fyldt med Vand; Vandet vil da flyde over paa den Kant, hvorfra Stødet kom; men, dersom Karret er sat i Bevægelse, og pludseligen standses, da hopper det over til den modsatte Side, eftersom Standsningen skeete fra denne Kant. Utallige andre Beviser kunne hentes fra den Vanskelighed, man sporer, ved at sætte meget tunge Legemer f. Ex. Skibe, læssede Vogne o. s. v. i Bevægelse. Ifølge denne Materiens Egenskab, er det, at, dersom en Steen eller anden

livløs Masse forbliver uforstyrret, da vil den stedse forblive i Hvile; men, naar den engang er sat i Bevægelse, da vil den forblive i samme og stedse bevæge sig, naar den ikke lider Modstand. En Boldt standser vel paa en jevn Mark; men det er Rivningen mod Græsset og Modstanden af Luften, der foraarsage det; thi den vilde upaatvivleligen løbe langt længere, naar den bevægede sig paa en speilglat Flade; dog selv i dette Tilfælde vilde Luften, formedelst sin Bestandighed, foraarsage nogen Modstand og med Tiden standse den; bevægede den sig derimod i et aldeles lufttomt Rum, og den Flade, henad hvilken den bevægede sig, ingen Modstand frembød, da vilde den stedse vedblive at bevæge sig, eftersom vi have tænkt os de eneste Hindringer for Bevægelsen fjernede. Dette er Tilfældet med Maanen og Planeterne, disse bevæge sig i det uendelige Rum, uhindrede af Rivning eller Modstand, og vedligeholde derfor stedse den Bevægelse, som meddeeltes dem af deres store Skaber i Skabelsens Øieblik.

Tiltrækning er Materiens femte Egenskab, og finder Sted i hver enkelt Deel af samme. Al Materie tiltrækker og tiltrækkes i Forhold til dens Mængde; derfor hige alle Ting mod Jorden, eller drages mod dens Midtpunct, fordi Jorden er i deres Nærhed den største Masse af Materie; af samme Grund veier et Topundslod dobbelt saa meget, som et Eetpunds, efterdi det indeholder dobbelt saa mange Dele, og altsaa tiltrækkes dobbelt saa stærkt; thi Vægt er Intet uden den forhindrede Virkning af Jordens Tiltrækning. Der ere forskjellige Slags af Tiltrækning, hvilke erholde de forskjellige Navne: Sammenhæng, Tyngde, Magnetisme, Elektricitæt og Tiltrækning fortrinsviis eller Valgforbindelse (Affinitæt). Undtage vi den sidste, saa vise disse sig næsten eens i deres Hovedvirkninger, ihvorvel de ere afhængige af særegne Omstændigheder. Magnetismen og Elektricitæten henhøre imidlertid ikke til Materiens mechaniske Egenskaber og ville derfor her ikke videre blive afhandlede.

Sammenhængs-Tiltrækningen er den Kraft, som forener Materiens særskilte og enkelte Dele og danner dem til Masser eller Legemer. Denne Tiltrækning udstrækker sig i Almin-

delighed ikke i nogen mærkelig Afstand fra Legemet, og derfor, naar en Tings Dele ere adskilte, eller den er sønderbrudt, da er det vanskeligt at forene dem; men, dersom de kunne bringes i tilstrækkelig nær Berørelse, saa virker denne Tiltrækning, og de forenes. Paa Grund heraf sveises to Stykker gloende Jern sammen med Hammeren; en Plade Tin og en Plade Blye forvandles til een Metalplade ved at gaae igjennem et Valseværk. Liim, Cement og Loddemetal virke paa de forskjellige Legemer, hvorimellem de anbringes, paa samme Maade, idet de tilstoppe Porerne eller Mellemrummene, og derved gjøre Berøringen mere fuldstændig. Ved samme Kraft hænge to Blyflader sammen, naar vi trykke dem mod hinanden, og det er først med en betydelig Kraft at de kunne adskilles. At Tiltrækningen tiltager, jo mere Legemerne nærme sig hinanden, vises saare vel ved to ligestore Korkkugler, som svømme paa Vand; de ville løbe mod hinanden, og det med en sig stedse forøgende Hurtighed. Tiltrækningskraften voxer nemlig som Qvadraterne af den aftagende Afstand. Den Kraft, som holder alle Ting mod Jordens Overflade, er samme Tiltrækning; men, anvende vi den paa de forskjellige Himmellegemer, kaldes den **Gravitations-Tiltrækningen.**

Da Sammenhængs-Tiltrækningen er fælleds for al Materie, maatte det synes, at Dele af ethvert Slags vilde uden Forskjel hænge sammen og danne Legemer, og at følgeligen uendeligt mange Sammensætninger maatte findes i Naturen, saa at det næsten maatte være umuligt at finde to, der vare hinanden lige; og visseligen vilde dette blive Tilfældet, saafremt ikke den særegne Tiltrækning fandt Sted, som kaldes Valgforbindelse, hvilken imidlertid, da den snarere er en chemisk end mechanisk Egenskab hos Materien, ikke her vil blive undersøgt. Ved denne indskrænkes den almindelige Virkning af Sammenhængskraften, og blot Materie af en vis Art vil forbinde sig med en anden Art; kun i enkelte Tilfælde kan et tredie eller fjerde Slags træde imellem, og saaledes dannes kuns et bestemt Antal Substantser i Naturen, og disse vise sig næsten stedse med aldeles lige Særkjender.

Haarrørs-Virkningen er den Slags Tiltrækning, ifølge hvilken flydende Legemer hæves i snævre Rør, og er en særegen Art af Sammenhængs-Tiltrækningen. Dersom et Haarrør nedsænkes i en flydende Materie, som formaaer at væde det, f. Ex. et Glasrør i Vand, saa vil det hæve sig deri til en vis Høide, der staaer i Forhold til Rørets Snæverhed, saa at det hæver sig desto høiere i samme, jo snævrere Røret er. Denne Virkning hidrører fra Sammenhængs-Tiltrækningen, som Siderne af Røret udøve. At Tiltræknings-Kraften tiltager, naar Rørviden aftager, vises paa en ziirlig Maade ved to firkantede Glasplader, som støde sammen med den ene Kant, men ellers danne en kileformet Aabning; dyppes disse i Vand, og derpaa hæves ud, dog saa at Underkanten af Pladerne endnu staaer i Vandskorpen, saa vil en Deel af Vandet blive hængende imellem dem og danne den krumme Linie, som kaldes en Hyperbel, og, ligesom Pladernes Afstand tiltager, aftager Vandets Høide imellem dem. Det er ogsaa Haarrørs-Virkningen, der bringer flydende Materier til at hæve sig i Svamp, Sukker, Sand og andre porøse Materier, hvormed de komme i Berørelse.

Legemernes Tæthed, hvorved forstaaes deres forskjellige Vægt inden samme Omfang, afhænger høist sandsynligt deraf, at deres Grunddele have saadan Skikkelse eller ere saaledes ordnede, at de komme i meer eller mindre nøie Berørelse med hverandre. Saaledes ville et større Antal Dele lade sig sammenpakke eller kunne ligge i et givet Rum, naar deres Form er regelret, end naar de ere uregelrette, og følgeligen ikke kunne bringes tæt sammen. Antage vi f. Ex. at een Million Grunddele indeholdes i en Cubiktomme Guld, saa kunne 500000 Dele af Jern eller 100000 Dele af Træe indtage samme Rum. I Jern og Træe maae derfor være langt flere Porer eller Mellemrum end i Guld, og følgeligen er Guldet det tætteste eller vægtigste; denne større Tæthed eller Vægt hidrører derfor ikke fra, at Grunddelene af Guldet i og for sig selv ere tungere end af Træet, men derfra, at et større Antal ere sammentrængte i samme Rum, efterdi alle Materiens Grunddele antages af lige Vægt, og saaledes vil Guld, skjøndt

eet af de vægtigste Legemer, holdes, naar det er opløst, svævende i Æther, som er den letteste af alle Vædsker. Det er umuligt at erholde den absolute Vægt af Legemer, som have forskjellig Tæthed, ved at veie dem i fri Luft, thi Luften vil holde det meest i Veiret, som har mindst Tæthed. Saaledes, skjøndt et Stykke Kork og et Stykke Blye paa et Par Vægtskaaler holde hinanden i Ligevægt, vil denne forstyrres, saasnart de stilles under en udpumpet Luftklokke, thi da vil Korken, forladt af Luften, der tilforn holdt den i Veiret, faae Overvægten, og saaledes udvise, at den, endskjøndt ikke inden samme Omfang, indeholder mere Materie end Blyet. Dette vises endvidere endnu tydeligere ved det Forsøg, at lade en Guldpenge og en Fjer falde paa een Gang igjennem en høi Glasklokke; er denne fyldt med Luft, da er Mønten allerede faldet til Bunds, medens Fjeren holdes i Veiret af Luften; men, er Luften udpumpen af Klokken, da naae de begge i samme Øieblik Bunden.

Siden Jorden har Skikkelse af en Kugle, og Tiltrækningskraften staaer i Forhold til Materiens Mængde, ville som Følge heraf Jordens Beboere og alle Ting paa dens Overflade tiltrækkes eller drages nedad i en Retning mod dens Midtpunct; thi, efterdi den længste Linie, som kan drages inden en Kugles Overflade, er en Tværlinie eller en Linie igjennem Kuglens Midtpunct, saa vil en saadan gaae igjennem den største Mængde af Materie og følgeligen ville alle Legemer falde i en Retning, der peger imod Jordens Midtpunct. Paa Grund heraf bruge vi et ophængt Lod for at faae Linier, lodrette paa Jordens vandrette Overflade, for at stille Siderne af Bygningerne lige opreist o. s. v.

Uagtet de ovenstaaende fem Egenskaber ere de, som almindeligen tilskrives Materien, saa besidder den endnu een af stor Vigtighed, nemlig dens Ordningskraft, eller, som den i Almindelighed kaldes, **Polaritæt**. Sammenhængs-Tiltrækningen forklarer tilstrækkeligt Dannelsen af Masser og Legemer ved at den trækker Materiens Grunddele sammen og fastholder dem; men man finder, at de ikke alene tiltrækkes og sammenholdes, men at den samme Materie ordner og danner sig stedse paa

samme Maade. Saaledes vil et Stykke Jern, Tin, eller hvilketsomhelst Metal eller anden Substants, stedse, naar det sønderbrydes, vise samme Orden og Forbindelse imellem Delene, eller være, som det almindeligen kaldes, af samme Korn; og saa nøiagtigen findes Forbindelses-Lovene at herske ved Foreningen af Grunddelene og Dannelsen af Legemerne, at de nyere chemiske Undersøgelser derved have erholdt et nyt Særkjende af største Vigtighed og Værdie, hvilket næsten have givet dem mathematisk Nøiagtighed; eftersom det er afgjort, at ei blot samme Materialier ville i de fleste Tilfælde antage samme Form, men tillige, at de Grundstoffe, som danne en vis Substants, forene sig i visse bestemte Forholde, som ikke kunne forandres, uden derhos at forandre Charakteren af den Substants, de danne. Dette er ustridigt en mechanisk eller mathematisk Undersøgelse af Materien; men, da den er af større Vigtighed i chemisk end i mechanisk Henseende, er det unødvendigt at dvæle her længere ved samme.

Andet Afsnit.

Mechanik.

Mechanik er en Videnskab, som undersøger Naturen af Vægt og Bevægelse samt de Midler, hvorved de frembringes, og de Love, hvorefter de styres. Den beskjæftiger sig med ethvert Slags Materie; men, da vi maae skjelne imellem faste og flydende Legemer, eftersom disse virke væsentligen forskjelligt, saa deles Mechaniken ogsaa i to Dele, af hvilke den ene kaldes Mechanik, i Ordets særegne Betydning, og handler ene om de faste Legemer; den anden Deel handler derimod ene om de flydende Legemer. De flydende Legemer ere imidlertid af en dobbelt Natur, enten ere de saadanne, som ved en ringe Kraft lade sig sammentrykke, og saaledes let vise deres Spændighed eller Elasticitæt, eller ogsaa lade de sig ikkun sammentrykke ved en umaadeligen stor Kraft; Læren om de flydende Legemer deles derfor i **Lufttryklære** (Pneumatik), som handler om de letsammentrykkelige flydende Legemer, og i **Vandtryklære** (Hydrostatik), som handler om de flydende Legemer, der, da de først give efter for en overordentligen stor Kraft, kunne ansees som usammentrykkelige.

Mechaniken er en Lære, som opstaaer nødvendigviis ved Betragtninger af Legemernes almindelige Egenskaber, hvilke ere fremsatte i første Afsnit. Saaledes have vi udviklet, at Tiltrækningen ei blot er istand til at forene de materielle Dele, saa at disse danne Legemer, men at den ogsaa strækker sig udenfor samme, hvorved Legemerne erholde Vægt og kunne sættes i Bevægelse. Thi, da Jorden er den største Mængde af Materie, som er os umiddelbart nær, indsaae vi, at denne maatte drage alle Legemer mod sit Midtpunct, og un-

derstøtte vi derfor et Legeme, det være sig med Haanden eller paa anden Maade, og saaledes forhindre, at denne Tiltrækning eller Tyngden kan virke paa samme, saa føle vi Legemets Tilbøielighed til at falde mod Jorden, d. e. vi mærke Legemets Vægt, og denne bliver desto større, jo mere Materie der er, eller jo flere Dele, der findes, hvorpaa Jordens Tiltrækning kan virke. Ja vi kunne endog i Mechaniken betragte den almindelige Tiltrækning eller Gravitationen, hvoraf Tyngden paa Jorden er en Følge, og saaledes udstrække vore Undersøgelser til Himmellegemerne eller afhandle disses Mechanik eller den saakaldte physiske Astronomie.

Legemers Vægt er afhængig af Mængden af de materielle Dele, de indeholde; da nu denne tiltager, jo større Tætheden er, naar Omfanget forbliver det samme, saa sige vi, at det tættere Legeme er vægtigere eller tungere end det mindre tætte. Aftager altsaa et Legemes Tæthed, saa, naar Vægten skal forblive den samme, maa Omfanget i samme Forhold tiltage. Tage vi saaledes een Cubikfod Luft i dens sædvanlige Tilstand, saaledes som den findes i vor Atmosphære eller Dunstkreds, da veier den omtrent $2\frac{1}{2}$ Lod; fortynde vi den ved Hjælp af Luftpumpen til $\frac{1}{4}$ af dens forrige Tæthed, saa vil den udstrækkes til 4 Cubikfod, eller 4 Cubikfod veie nu $2\frac{1}{2}$ Lod. Varmen har den Egenskab, at den udvider alle Legemer eller forøger deres Omfang, men den forøger ikke deres Vægt; vi maae altsaa antage, at ved Varmen spiles Delene ud fra hinanden, eller Legemerne blive mindre tætte. Veie vi saaledes en Metalstang i kold og i ophedet Tilstand, saa er den lige tung; men et Pyrometer eller et Instrument, som angiver Legemers Udvidelse ved Varmen, viser tilstrækkeligen, at den er længere, naar den er varm, end naar den er kold. Vi ville siden fremsætte Indretningen af et Pyrometer, og see Vigtigheden af dette Instrument, for at indrette uforanderlige Penduler og forfærdige nøiagtige Uhre.

Det er umuligt at afgjøre, om Materiens enkelte Dele have samme Vægt. Forsøget, at lade en Mønt og en Fjer falde samtidigen fra det Øverste af en udpumpet høi Glasklokke, anføres stundom, men tilfredsstiller ikke i saa Henseende. Det

meest afgjørende Beviis for at Grunddelenes Vægt er lige, er maaskee det forhen anførte at opløse Guld i Kongevand, og derpaa helde det i Æther eller Naphtha, da det saa ikke falder til Bunds, men forbliver svævende i enhver Deel af denne Vædske.

Ligesom Vægt opstaaer af Materiens femte Egenskab, saaledes er **Bevægelse** afhængig af dens fjerde, som forudsætter, at Materien er bevægelig, men tillige er passiv, d. e. ligegyldig baade for Hvile og Bevægelse, idet den bestræber sig for at forblive i den Stilling, hvori den er. Efterdi Materie derfor ikke er istand til at bevæge sig selv, saa forudsætter al Bevægelse en Kraft, virksom til at frembringe den, hvilken enten kan være Tyngdekraften, Dyrekraften, Spændigheden saasom hos Fjedre, Dampe o. s. v. Aarsagen til al Bevægelse, hvad den endogsaa er, kaldes i Mechaniken **Kraft**, det, den skal overvinde, **Last**.

Bevægelse viser sig for vore Sandser blot ved en Sammenligning af Legemernes indbyrdes Stilling; paa Grund heraf har man paastaaet, at, dersom eet Legeme ene var til, maatte Bevægelse være ubekjendt; efterdi der ikke vilde være nogen anden Ting, hvormed Forandring af Sted kunde sammenlignes; og, naar det er i mindste Maade tvetydigt, om den Gjenstand, hvormed vi sammenligne, er i Hvile, saa bliver det saare vanskeligt at godtgjøre Bevægelse. Saaledes udledes Jordens Bevægelse af Fixstjernerne, der ere Gjenstande, som vi ikke kunne tage og føle paa; men formedelst den store Jevnhed af denne Bevægelse bliver det umuligt for en Indbygger paa Jorden, at afgjøre, om han er i Bevægelse eller han er stillestaaende, og Stjernerne dreie sig om ham; og dog viser Astronomien klarligen, at det Første er Tilfældet. En lignende Vanskelighed opstaaer, naar vi seile, eller kjøre forbi Huse og Træer, da synes disse at være i Bevægelse; men, da vi kunne nærmere undersøge dem, saa lærer vor Fornuft os, at, endskjøndt de synes at bevæge sig, ere de dog i Hvile.

Bevægelse siges enten at være **absolut** (selvgyldig) eller **relativ** (hensynsgyldig), overeensstemmende med de Omstændigheder, under hvilke den foresindes. Absolut Bevægelse er

en virkelig Stedforandring, medens relativ er en blot tilsyneladende. Saaledes, naar en Mand bevæger sig fra den ene Ende til den anden af et stilleliggende Fartøi, da er hans Bevægelse absolut, fordi han paa samme Tid ei blot forandrer sit Sted med Hensyn til Baaden, men ogsaa til Jorden under den; men derimod, hvis han havde bevæget sig fra Forenden mod Agterenden af Fartøiet, medens det skreed frem med en Hurtighed, liig hans egen, saa havde han ene havt en relativ Bevægelse, eftersom han, skjøndt han vel havde forandret sit Sted i Fartøiet, dog var forbleven over samme Sted af Jorden, og altsaa aldeles ikke havde bevæget sig. Da vi, i det Mindste ved Sandserne, ikke kunne afgjøre, om noget Legeme er i Hvile, thi selv Jorden, ja vel endog Stjernerne, er ikke fastliggende, saa er enhver Bevægelse, som vi see, eller ved Sandserne erfare, kun en relativ Bevægelse.

Bevægelsens Love ere: 1) Ethvert Legeme vil forblive i Hvile, indtil det sættes i Bevægelse ved een eller anden Kraft, og, er denne Kraft enkelt, da vil Bevægelsen være retlinet og forblive det, saalænge den er frembragt ved denne Kraft alene; 2) Forandring af Bevægelse staaer stedse i Forhold til den indvirkende bevægende Kraft og skeer stedse i Retningen af den Linie, efter hvilken denne Kraft virker; 3) Virkning og Modvirkning ere stedse lige i lige Mængde af Materie og virke i modsat Retning af hinanden.

Den første af disse Love afhænger af det, der kaldes Materiens **Ligegyldighed**, hvorved forstaaes, at Materien ikke blot ikke bevæger sig af sig selv, uden Anvendelse af een eller anden Kraft, men ogsaa, at den, naar den engang er i Bevægelse, vil stræbe at vedligeholde denne Tilstand. — Er derfor et Legeme sat i Bevægelse, da vil denne Bevægelse stedse vedblive i een ret Linie, hvis den ikke hindres eller standses ved en eller anden udvortes Kraft, saasom Luftens Modstand, Gnidning, Tyngde, af hvilke een eller anden vil være istand til at forandre Retningen eller Bevægelsen eller med Tiden aldeles standse den.

Den anden Lov lærer, at enhver Forandring, den være enten i Retningen eller Hurtigheden af et Legemes Bevægelse,

vil stedse være i Forhold til og i Retning af den Kraft, der frembringer den. Dersom saaledes et Legeme bevæger sig i een Retning, og træffes af en Kraft, stærk nok til at ophæve den forrige, i lige modsat Retning, da vil Legemet bevæge sig efter den nye Krafts Retning. Men, dersom den nye Kraft ikke er lige modsat, vil den gamle Kraft ikke tilintetgjøres, men, efterdi Legemet ikke kan bevæge sig paa eengang i to Retninger, saa vil det bevæge sig efter den af begge sammensatte Kraft i en Middel- eller Diagonal-Retning, i Forhold til de to Kræfter, der forenede virke paa Legemet.

Den tredie Lov følger ogsaa af Materiens Ligegyldighed og lærer, at ethvert Legemes Modstand for at træde ind i en vis Bevægelses-Tilstand, er saadan, at den bringer det til at virke mod det andet Legeme, der frembringer denne Bevægelse, med en Kraft, der staaer i Forhold til Hurtigheden af begge Legemers Masser eller Mængder af Materie. Dette forklarer Tilbagestødet af Ildvaaben og mange andre Virkninger, vi dagligen træffe paa.

Tyngdekraften, eller Jordens Tiltrækning er den eneste bestandige naturlige Aarsag til enkelt Bevægelse, som vi paa Jordens Overflade lære at kjende. Den finder altid Sted og foraarsager, at alle Ting falde i rette Linier mod Jordens Midtpunct. Alle andre Kræfter, som bringe Legemer til at bevæge sig vandret, lodret eller paa anden Maade, forandre sig og ere tilfældige, saasom Kraften af Vind, Vand, Damp, Krudt, Fjedre, Dyr o. s. v., og, saasom disse tilfældigviis fremstaae, medens Tyngden aldrig ophører, danne de i mange Tilfælde med denne sammensatte Kræfter, hvilke siden blive betragtede.

Grunden, hvorfor Tyngden virker i en Retning mod Jordens Midtpunct, er tilforn bleven forklaret (S. 9), og Brugen af Loddet, som der er omtalt, udledes af dette Princip; thi, saasom Loddet er ophængt ved en Snoer, vil denne hindre det fra at falde, men selv udstrækkes i en Linie, der peger mod Jordens Midtpunct, og saaledes give den nøiagtigste Linie, der kan erholdes, lodret paa Horizonten eller en Flade lige med Vandets Overflade. Derfor anvendes denne

Lodlinie ei blot i det daglige Liv, men ogsaa til at rette de fortrinligste og største astronomiske Instrumenter. Af den Egenskab, at alle Lodlinier pege mod Jordens Midtpunct, følger, at to hvilkesomhelst (selv ei eengang de, der ligge hinanden nok saa nær) ikke kunne være aldeles ligelobende.

Samme Aarsag, som bringer Legemer til at falde lodret mod Jorden, bringer dem ogsaa til at rulle nedad en Bakke, fordi Foden af den er Jordens Midtpunct nærmere end Toppen, og en rigtig afveiet Flade eller den, paa hvilken Vand vil blive staaende uden at flyde af, kan ikke være nogen jevn Flade, men maa være krummet, saa at den er ligelobende med Jordens Overflade, eller rettere staaer overalt lige langt borte fra dens Midtpunct; thi, hvis den var plan, vilde den berøre Jorden i et Punct *c*, (Tavle I. Fig. 1), der var Midtpunctet nærmest, og Kuglen *b*, eller enhver anden bevægelig Gjenstand vilde ikke forblive i Hvile noget andet Sted paa Planet *cb*, end just i *c*.

Paa Grund heraf er Overfladen af Havet, Søer eller endogsaa ethvert nok saa lidet Vand eller anden Vædske ikke plan, men har Rundhed tilfælleds med Jorden, idet enhver Deel af Overfladen staaer ligelangt borte fra Jordens Midtpunct.

De Instrumenter, ved hvilke vandrette Linier bestemmes, kaldes **Vandrettere** (Waterpasser); de have forskjellig Skikkelse; det bedste og simpleste er et noiagtigt lige Glasrør, sluttet aldeles lufttæt i begge Ender, men i Forveien fyldt med Viinaand eller Naphtha, saaledes at blot en Luftboble bliver tilbage; holdes nu et saadant Rør vandret, da vil Boblen forblive stillestaaende i Midten, i Punctet *a* (Fig. 2); men, da Luft er lettere end Viinaanden, saa vil Boblen, naar Røret bliver heldet, stedse søge den høieste Ende, og kun da forblive i Midten, naar Røret er aldeles vandret. Er et Rør, som det beskrevne, indfattet i Messing, og forsynet med Sigteplader eller med en Kikkert, da kaldes det et **Nivelleer-Instrument** eller **Afveinings-Redskab.***) De bedste Vandret-

*) Et Afveinings-Redskab af Eckström findes beskrevet i Bugges Mathematik i den Deel, der handler om Landmaalingen.

tere bestaae af Rør, som indvendigen omhyggeligen ere udslebne, saa at de ere aldeles lige, og fyldes med Naphtha, da dette er mere bevægeligt end nogen anden Vædske.

For at bevise, at det er hele Jordmassen, som frembringer Legemernes Tiltrækning mod samme, og at det ikke er nogen særegen Kraft, der befinder sig ene i Midtpunctet, ere forskjellige Forsøg anstillede, iblandt hvilke de af **Bouguer og Condamine**, Dr. **Halley**, **Cavendish** og Dr. **Maskelyne** ere de meest berømte; det første skeete i Sydamerica og det sidste ved Bjerget Schehallien i Skotland, herved befandtes Loddet ved Bjergets Tiltrækning at være veget i en Bue af 6 Secunder ud fra den virkelige Lodlinie. Et Legeme derfor, der befandt sig i Midtpunctet af Jorden, vilde forblive der svævende og urokket, eftersom Tiltrækningen fra alle Sider vilde være lige.

Legemer, som falde formedelst Tyngden, erholde ikke blot derved en større bevægende Kraft (Moment), som i høi Grad vil forøge deres egen Kraft, men Hurtigheden af deres Bevægelse tiltager tillige alt mere og mere. Dette hidrører fra Materiens fjerde Egenskab (S. 5), og Virkningen er saa betydelig, at det Legeme, som blot falder 1¼ Tomme, vil erholde en dobbelt Kraft, eller virke, som om dets Vægt var fordobblet. Ligesom Legemet falder længere ned, vil dets Virkekraft eller den Kraft, hvormed det slaaer imod en modstaaende Gjenstand, vore, og det som Qvadratroden af den Høide, igjennem hvilken det er faldet. Faldhøiden voxer ifølge den tiltagende eller accelererede Bevægelse som Qvadratet af Tiden, Legemet brugte til at falde, og saaledes kunne vi udregne saavel den tiltagende Kraft som ogsaa Rummet, et Legeme i en given Tid vil gjennemløbe.

Antag f. Ex. at vi vælge en Messingkugle af eet Lods Vægt, da vil eet Lod paa den modsatte Ende af en ligearmet Vægtbjælke holde den i Ligevægt; men hæves Kuglen 1¼ Tomme, og man da lader den falde paa Enden af Vægtbjælken, saa vil den være istand til at opveie 2 Lod; thi ved denne Faldhøide fordobbles Virkekraften. For atter at fordobble denne saaledes erhvervede Kraft bliver det ikke tilstrækkeligt at

hæve Kuglen to Gange $1\frac{1}{4}$ Tomme; thi det Moment, som erhverves ved Faldet, forholder sig ikke som Faldhøiden, men kun som Qvadratroden af Faldhøiden, og altsaa, da 4 er Qvadratet af 2, og omvendt 2 Qvadratroden af 4, indsees, at Legemet maa hæves 4 Gange saa høit eller 5 Tommer. Atter for at gjøre Virkningen af det faldende Legeme 3-dobbelt maae vi lade det falde fra en 9 Gange saa stor Høide, for at gjøre den 4-dobbelt, fra en 16 Gange saa stor o. s. v.

Tyngdekraften er ikke aldeles lige paa ethvert Sted af Jorden; under Kjøbenhavns Brede finder man ved Erfaring, at et Legeme vil i eet Secund falde 15,667 danske Fod eller paa det Nærmeste $15\frac{2}{3}$ Fod eller 15 Fod 8 Tommer, og følgeligen, da Faldhøiden er som Qvadratet af Tiden, vil Legemet ved Slutningen af det andet Secund være faldet 4 Gange $15\frac{2}{3}$ Fod eller 62 Fod 8 Tommer, ved Enden af det tredie Secund være faldet 9 Gange $15\frac{2}{3}$ Fod eller 141 Fod. Heraf følger, at Tilvæxten af Hurtigheden i hvert paafølgende Secund er som de ulige Tal 1, 3, 5, 7, 9, o. s. v. Thi, dersom Legemet falder igjennem eet givet Rum i første Secund, da maa det falde igjennem 3 i andet Secund, for at frembringe Tallet 4, hvilket tilkjendegiver det Antal Rum, som Legemet har gjennemløbet i 2 Secunder, og atter vil det gjennemløbe 5 Rum i tredie Secund, disse, lagte til de 3 i det andet og til det ene i første, frembringe 9, som er Tallet paa Rummene i 3 Secunder o. s. v.

Denne Egenskab ved faldende Legemer, hvilken i lige Grad tilhører alle, der ere tunge nok for ikke at kunne bortdrives af Vinden, er stundom bleven anvendt til en Udmaaling af utilgjængelige Dybder; imidlertid kan man ikkun stole paa den, naar Faldet af en Steen eller et andet Legeme er synligt, saasom naar Faldet skeer i Vand; thi skulde vi slutte ene af Lyden af Faldet, saa maatte vi føre en vidtløftig Regning, eftersom Lyden bruger tillige nogen Tid til at forplante sig (see Lydlæren). Den Regel, vi have at følge, naar Faldet er synligt, er at multiplicere $15\frac{2}{3}$ Fod med Qvadratet af de Secunder, som forløber fra Legemet løslades til det slaaer an. Men vi behøve ikke videre at udvikle, hvor usikker og

ubestemt denne Maade er, og hvormeget den kræver en øvet Jagttager, eftersom ved store Høider Brøken af Secunder bliver af betydelig Indflydelse.

Den Hurtighed, med hvilken et Legeme falder, er saa stor, at Øiet ikke vil kunne følge det; og altsaa kunne Forsøg ikke anstilles med nogen Visshed, hvis ikke det indtraf, at disse Virkninger fandt Sted, naar Bevægelsen bliver hindret og formindsket ved en Modvægt, i lige Grad, som om Legemet faldt med dets hele og uforandrede Kraft. To Vægtmasser kunne blive gjorte hinanden saa nær lige, at, naar de ere forbundne med en lang Snoer, som gaaer over en Tridse, vil Faldet af den tungere Masse være saa langsomt, at det tydeligen kan iagttages, og saaledes ville vi kunne bemærke, at Hastighederne nøiagtigen tiltage som Qvadraterne af Tiden, især, hvis en lang Maalestok og et Pendul, der svinger Secunder, befinder sig bag Legemet, der falder. Et saaledes indrettet Redskab er først opfundet og anvendt af Atwood; det er af stor Vigtighed til Forsøg i Mechaniken for at oplyse Hurtighederne og Momenterne af faldende Legemer under forskjellige Omstændigheder. Efter Opfinderen faaer det Navn af den atwoodske Faldmaskine.

En Sammenligning lader sig anstille imellem ligedannede Trekanter, indskrevne i en større, og denne tiltagende Hastighed i Bevægelse. Thi, dersom (Fig. 3) den lodrette Side i en retvinklet Trekant er deelt i et vist Antal ligestore Dele, f. Ex. i de 4, der ere betegnede med Tallene 1, 2, 3, 4, og disse antages at forestille lige Tidsdele (f. Ex. Secunder), vil, naar Linier drages fra disse Puncter ligelobende med Grundlinien og ligeledes med den skraae Side eller Hypotenusen, og fra Overskjæringspuncterne lodrette Linier, den store Trekant fyldes med mindre, der ere ligedannede med den selv, endskjøndt hver anden er opvendt, hvilket udvises i Figuren derved, at de ere afvexlende aflagte med Lys og Skygge. Det første Faldrum vil der fremstilles ved den øverste af de smaae Trekanter, som er skygget, det andet Faldrum ved 3 Trekanter, nemlig een lys og to skyggede, hvilke føiede til den første give

4 Trekanter eller et firedobbelt Faldrum, den tredie Afdeling indeholder 5 Trekanter o. s. v.

Saaledes vil Tilfældet være, naar ene Tyngdekraften virker til at sætte et Legeme i Bevægelse; men, dersom f. Ex. en Steen udkastes med Haanden vandret, saa ville to Kræfter virke paa den, d. e. Haandens Muskelkraft driver den vandret frem, Tyngdekraften derimod drager den mod Jordens Midtpunct; og, naar et Legeme drives af to eller flere Kræfter, der virke paa det til samme Tid, men i forskjellige Retninger, eller, med andre Ord, der indvirkes paa det ikke af en enkelt, men af en sammensat Kraft, saa vil det hverken følge den ene eller den anden Krafts Retning, men bevæge sig efter en Midtlinie eller Diagonal, der retter sig efter de forskjellige Kræfter. Virke Kræfterne bestandigt ligeligen, vil Diagonalen blive en ret Linie, men, hvis een eller ogsaa begge forandre sig, bliver Bevægelses-Retningen krumlinet.

Dersom to forbundne Kræfter saaledes ere hinanden lige og virke retvinklede paa Legemet *a* (Fig. 4), saa kunne de fremstilles ved to rette Linier af lige Længde, nemlig *ab* og *ac*, der ligeledes danne en ret Vinkel, og i et saadant Tilfælde vil Legemet *a*, istedet for at bevæge sig enten mod *b* eller *c*, bevæge sig efter Retningen af den lige Tværlinie *ad*. Længden og Stillingen af denne vil blive bestemt ved at fuldende Qvadratet *abdc* ved de prikkede Linier *bd* og *dc*, og trække *ad* fra Vinklen *a* til den modsatte *d*. Men dersom vi, istedetfor at antage begge Kræfter lige, antage, at den Kraft, som driver Legemet *a* mod *c*, er to eller tre Gange saa stor, som den, der driver det mod *b*, saa maa Linien *ac* gjøres to eller tre Gange saa lang som *ab*, og følgeligen vil Tværlinien *ad* ikke høre til et Qvadrat, men til et Rectangel, saaledes som det vises i Fig. 5. Det samme gjælder for ethvert andet Forhold af Kræfter.

Dersom Kræfterne ikke ere uforanderlige, men aftage og tiltage, dog begge i samme Forhold til hinanden, da vil en lignende Virkning frembringes; men aftager eller tiltager den ene hurtigere end den anden, da vil vel ligeledes en Retning efter Tværlinien paafølge, men, istedetfor at den ellers bliver

retlinet, bliver den da krumlinet. Hvis man saaledes udkaster en Steen eller udskyder en Kugle af en Kanon, vil den Kraft, der ved Armens Styrke eller det antændte Krudts Spændighed virkede paa den, vil tildeels efterhaanden svækkes ved Luftens Modstand, men tillige vil Tyngdekraften, hvis Virkning voxer, jo længere Legemet falder, virke paa samme, og som Følge af begge disse forenede Kræfter vil Legemet beskrive en krum Linie, der meget nær bliver en Parabel. Lader os saaledes antage, at Kuglen *a* (Fig. 6) just er udskudt af en Kanon, efter den vandrette Linie *ac*, og at den i en liden Tidsdeel, f. Ex. eet Secund, formedelst Krudtets Kraft kommer fra *a* til *d*, i næste Secund fra *d* til *e*, i tredie fra *e* til *f*, i fjerde fra *f* til *g*; men tillige virker Tyngdekraften paa Kuglen efter den lodrette Linie *ab*, og saaledes vil Kuglen i det første Secund, hvis den ene var overladt til denne Virkning, falde et vist Rum, nemlig 15$\frac{1}{2}$ Fod, som vi her ville betegne med *ah*; i næste Secund falde 3 saadanne Rum, i det følgende 5 Rum o. s. v. (Side 18). Da nu begge Kræfter virke forenede, saa vil Kuglen efter første Secund komme til *i* efter Tværlinien *ai*, i andet Secund gaae formedelst Krudtets Kraft ligelobende med *ac* og ligesaa langt som *de*, altsaa i den fortsatte Retning af *hi*; men tillige falde igjennem 3 Rum, altsaa i det Virkelige komme til *k*; i tredie Secund falde igjennem 5 Rum, og altsaa komme til *l*; i fjerde Secund falde 7 Rum, og altsaa komme til *m*, og i det Hele bliver saaledes Kuglens Bane Linien *aiklm*, der, da Tyngden stedse tiltager, medens Krudtets Kraft kan antages at virke lige, bliver en krum Linie, som kaldes en Parabel. Man kan oplyse denne sammensatte Bevægelse ved den saakaldte paraboliske Maskine, som er afbildet Fig. 7. *abd* er en Rende, der er udarbeidet efter en vilkaarlig krum Linie, dog saaledes, at denne imod Slutningen i Punctet *d* bliver aldeles vandret, men derimod op imod *a* er steil; udfores den nu med en glat Materie, som Elfenbeen, saa vilde en Kugle, man lader løbe ned ad samme, med en stor Fart flyve fra *d* vandret ud, efter Retningen *dv*, men, da Tyngden tillige med stedse voxende Hastighed virker paa Legemet, vil dette beskrive Parablen

dmnp, som derfor er aftegnet paa Brædtet *uv*; for at overbevise sig om, at Kuglen just falder efter *dmnp*, plei; i Puncterne *m* og *n* at være Ringe, igjennem hvilke Kuglen maa falde. Luftens Modstand, som gjør, at Kuglen, hvis vi tænkte Tyngden borte, ikke gaaer frem med en stedse usvækket Bevægelse efter den vandrette Linie, bevirker, at den sammensatte Bevægelse ikke skeer aldeles efter Parablen; dog, hvis Kuglen ikke er meget stor, men af en tung Materie, vil dens Bane falde meget nær sammen med Parablen; og, tage vi til den paraboliske Maskine en Blykugle, behøve vi blot at gjøre Ringene noget videre end Kuglen, for at den, trods Luftens Modstand, kan falde igjennem dem.

Det synes besynderligt, omendskjøndt det er aldeles rigtigt, at, medens Tværlinierne i Fig. 4 og 5 og ligeledes den krumme Linie i Fig. 6 ere længere end Linien *ab* eller *ac*, vil Legemet dog gjennemløbe disse nøie i samme Tid, som det brugte for at komme enten til *b* eller *c*. Men det kommer deraf, at Hurtigheden stedse staaer i Forhold til den Kraft, der frembringer den, og derfor i hvilkensomhelst af disse Figurer, f. Ex. Fig. 4, hvis Kraften, der nu virker efter Retningen *ab*, ogsaa virkede efter *ac*, vilde Legemet *a* i samme Tid komme dobbelt saa langt, som det nu kommer, ene ifølge Kraften *ac*. Virkede derimod *ab* i modsat Retning af *ac*, vilde Legemet aldeles ikke bevæge sig, eftersom de to lige Kræfter i dette Tilfælde vilde tilintetgjøre hinanden. Men nu virke de retvinklet og kunne saaledes hverken fordobble eller tilintetgjøre hinanden; de hjælpe derimod hinanden, hvilket foraarsager at Bevægelsen efter *ad* skeer med større Hurtighed end nogen af de to andre; og saaledes skeer det da, at Legemet gjennemløber Tværlinien i samme Tid, som det formedelst een af Kræfterne vilde have gjennemløbet een Side af Qvadratet. Jo nærmere Retningerne af de to Kræfter falde sammen, desto længere maa Tværlinien være og desto hurtigere bliver Bevægelsen; ihvorvel denne aldrig vil overstige den, som frembringes af begge Kræfter tilsammen. Dette vil blive end mere indlysende ved at betragte Fig. 8, hvor Linierne, der fremstille Kræfterne, ere ligesaa lange som i Fig. 4, men, istedetfor at danne en

ret Vinkel, danne en meget spids Vinkel, saa at Tværlinien *ad* kommer til at tilhøre den fortrukne Firkant eller Rhomben *abdc* og bliver betydeligen større end forhen.

Virkningen af sammensatte Kræfter og af Bevægelsen, som frembringes ved dem, oplyses passende ved en liden Maskine, der bestaaer af to lette Rammer af Træe, som kunne skydes ind i hinanden, den ene Ramme har en lodret Traad, nedad hvilken en Kugle glider. Den ene Bevægelse frembringes nu, ved at den ene Ramme skydes ind i den anden, og den anden ved at Kuglen skydes ned ad Traaden. Saaledes vil Kuglen, medens den gaaer fra øverst til nederst paa den ene Ramme, synes at bevæge sig efter Tværlinien af den anden. Dette lille Instrument er fremstillet Fig. 9.

Der er eet Tilfælde, i hvilket det bevægede Legeme ved første Kiekast ikke vil synes at bevæge sig i en Parabel, og dette er, naar en Steen eller andet Legeme kastes lodret op, da den saa atter falder lige ned, men just da har den ogsaa beskrevet en krum Linie, ellers vilde den, da Jorden har en betydelig Bevægelse i den Tid, den stiger og falder, ikke falde paa den samme Plads, men blive tilbage; og det er denne hurtige Bevægelse af Jorden, forbunden med Tyngden, der foraarsager den sammensatte Kraft, som virker paa Legemet; thi, idet Tyngden drager det mod Jordens Midtpunct, frembringer Jordens Bevægelse om dens Axel en Kraft, der er retvinklet paa hiin første Kraft, og saaledes maa en krumlinet Bevægelse paafølge.

Bevægelsen af Jordens Overflade, endogsaa under Kjøbenhavns Brede, er 850 Fod i eet Secund, og efterdi denne Bevægelse er fra Vest mod Øst, saa, hvis en Steen kastedes til en saadan Høide, at den brugte just eet Secund til at stige og falde, og denne Bevægelse skeete i samme rette Linie, maatte deraf følge, at den maatte falde til Jorden 850 Fod vestenfor det Sted, fra hvilket den var udkastet. Imidlertid kan formedelst Materiens fjerde Egenskab (Side 5) eller dens Ligegyldighed, en saadan Virkning ikke finde Sted; thi Jordens Bevægelse meddeles Stenen, ligesaavel som alle andre Legemer paa dens Overflade, og derfor, dersom *c* (Fig. 10)

forestiller Stenen, der kastes mod *b* i en tilsyneladende ret Linie, saa vil denne Linie ikke være i det Virkelige ret, men den krumme Linie *cb*; fortsættes samme krumme Linie, da vil Stenen falde i *a*, men, medens Stenen beskriver i Luften den krumme Linie *abc*, vil Stedet *c* paa Jordens Overflade have bevæget sig til *a*, og følgeligen vil Stenen træffe samme Sted, hvorfra den var udkastet. For en Jordbeboer, der, som vi maae erindre os, har bevæget sig med selve Jorden, maa det synes, at Stenen er gaaen op og ned i en ret Linie; men tænkte vi os aldeles stillestaaende paa et Sted udenfor Jorden, hvilket vel i det Virkelige ikke er muligt, da maatte vi kunne see den krumme Linie, som Stenen virkeligen beskriver. Det samme kan vises, men efter en mindre Maalestok, i et aldeles lignende Tilfælde: kaste vi en Kugle fra Mastetoppen af et hurtigt seilende Skib, vil Kuglen ikke falde i Søen bag Skibet, hvilket man skulde formode; men den vil falde paa Dækket ved Foden af Masten, og i den Tid, den falder, vil den synes for Skibsfolket at beskrive en ret Linie; men Kuglens virkelige krumlinede Bevægelse vil vise sig for den, der betragter samme fra Strandbredden eller fra et i Nærheden stilleliggende Skib.

Naar, som i ovenstaaende Tilfælde, to Kræfter virke paa et Legeme, af hvilken den ene drager det mod et Midtpunct, den anden derimod, idet den gjør en Vinkel, saasom en ret Vinkel mod den første, fjerner den fra Midtpunctet, da kalde vi Kræfterne **Midtpuncts-** eller **Central-Kræfter**, og den ene den **midtpunctsøgende** (centripetale), den anden, forsaavidt den virker modsat, den **midtpunctflyende** (centrifugale) Kraft. Disse Kræfter have især deres Anvendelse i Astronomien, da Jorden og alle Planeter bevæge sig om Solen i kredsformede Baner, som opstaae, ved at Solen trækker dem til sig ifølge den almindelige Tiltrækning; men, foruden denne midtpunctsøgende Kraft, paavirkes de tillige af en anden, der virker efter en Berøringslinie til deres Baner, og som saaledes atter vil drage dem fra Solen og altsaa frembringe en midtpunctflyende Kraft.

Det simple og nyttige Instrument **Pendulet**, ved hvilket vi ere istand til at erholde en nøiagtig mechanisk Inddeling af Tiden, er afhængigt af Faldlovene, og der ere to forskjellige Kræfter, som virke paa samme. En aldeles simpel Metaltraad eller Stang er ophængt ved den ene Ende, saa at den kan svinge frem og tilbage, og enten med eller uden en Vægt ved dens nederste Ende udgjør den et Pendul, ihvorvel almindeligen til virkeligt Brug en Vægt anvendes. Værdien af Pendulet bestaaer deri, at alle dets Svingninger skee i lige Tid, saafremt de ere ligestore, og Pendulets Længde forbliver uforandret. Vi indsee fremdeles, at, da Ophængningspunctet er fast, vil Pendulet svinge i en Deel af en Cirkel. Antages (Fig. 11) *h* at være Ophængningspunctet, *i* at være Stangen, og Vægten *k* nu bringes ud af den Stilling, hvori den befandt sig i Hvile, til *l*, saa vil den strax falde tilbage fra *l* til *k*, men, idet dette skeer, erholder den tillige et saadant Bevægelses-Moment, at den ikke længere, idet den gaaer tilbage, vil standse ved *k*, men kommer til *m*, næsten ligesaameget til Høire af den lodrette Linie *hik*, som *l* var til Venstre. Saasnart Momentet, som bragte den til *m*, ophører at virke, vil den atter vende tilbage imod *l*, men med en Kraft, som formedelst Luftens Modstand og den Rivning, der finder Sted ved Ophængningspunctet, aftager stedse, indtil Pendulet omsider aldeles standser i *k*.

Pendulet udgjør derfor ingen Deel af det Værk, der driver et Uhr, men er blot en Tidmaaler, og fordrer, at Kraften af Vægten eller Fjedren, ved hvilken Værket sættes i Bevægelse, skal blive det selv meddeelt, for at dets Svingninger kunne fortsættes. Middelet, hvorved dette skeer i Uhret, kaldes **Gangen** (Echappementet).

Pendulets Svingninger ere frembragte ved dets Bestræbelse for at falde. Saaledes, hvis Linien *hik* (Fig. 11) er lodret, og *no* vandret, og vi nu hæve Vægten fra *k* til *l*, vil den være hævet lodret i Høiden *ln*, og den vil falde fra *l* til *k*, idet den gjennemløber den krumme Tværlinie *lpk* (see Side 21) med samme Fart, som om den var falden umiddelbart fra *l* til *n*. Dersom Pendulet er af betydelig

Længde, saa bringes Buen til næsten at være en ret Linie, og der vil da kun være en gandske liden Tidsforskjel imellem en liden og en noget større Svingningsbue. Men ved korte Penduler, hvilket man ofte i Udførelsen ikke lægger Mærke til, er det af større Vigtighed, at Svingningsbuerne ikke ere altfor ulige. Antage vi nemlig, at Pendulet ene svingede fra p til q, da vil Faldkraften kun lade sig fremstille ved Afstanden af Puncterne p og q fra no, istedetfor, naar det svingede fra l til m, den da maatte fremstilles ved Linierne ln og mc.

Vi maae skjelne imellem det **enkelte Pendul**, som vi tænke os bestaaende af en Linie aldeles uden Vægt, som med den ene Ende er ophængt, og i hvis anden Ende er en Vægt, som tænkes sammentrængt i et eneste Punct eller i Liniens Endepunct, og det **sammensatte Pendul**, som er et virkeligt Pendul, der maa tænkes bestaaende af uendeligt mange enkelte Penduler af ulige Længder, eftersom Vægten er fordeelt over hele Pendulet, og altsaa enhver enkelt Deel af samme kan ansees som et enkelt Pendul, hvis Længde er fra det fælleds Ophængningspunct til denne Deel af Pendulets Masse. Da det enkelte Pendul ikke findes i det Virkelige, men vi ene igjennem en mathematisk Beregning kunne finde, hvilket enkelt Pendul der svarer til et givet sammensat, saa kaldes det enkelte Pendul ogsaa ret passende det **mathematiske Pendul**, medens det sammensatte kaldes det **legemlige**. Have vi et legemligt Pendul og udregne det tilsvarende mathematiske, saa kaldes det nederste Punct af dette, hvori altsaa hele det legemlige Penduls Vægt maa tænkes forenet, **Svingningspunctet** (Oscillations-Centret). Er det legemlige Pendul en Stang af liden Vægt, f. Ex. en Metaltraad, i hvis Ende en cirkelrund Vægt hænger, saa er dette Svingningspunct kun meget lidet fjernet fra Midtpunctet af Vægten; men derimod, hvis Pendulet ene bestaaer af en overalt lige tyk Stang, er dette Svingningspunct fjernet $\frac{2}{3}$ af Pendulets Længde fra Ophængningspunctet. Sammenlignes to Penduler med hinanden, da forholde deres Svingningstider sig som Qvadratrødderne af de tilsvarende mathema-

tiste Pendulers Længder. Vide vi f. Ex. at et Pendul, der svarer til et mathematiskt Pendul af 38 Tommers Længde, just svinger Secunder, saa vilde et Pendul, hvis tilsvarende mathematiske Pendul var Fjerdeparten heraf, svinge halve Secunder, eftersom Qvadratroden af $\frac{1}{4}$ er $\frac{1}{2}$; ligeledes maatte et Pendul, hvis Svingningstid skulde være to Secunder, have en fiirdobbelt Længde, eller være 152 Tommer.

Pendulets Længde er ikke allevegne noiagtigt den samme, men forandrer sig noget med Hensyn til det Sted, hvor vi befinde os paa Jordens Overflade. Det er længere under Polerne og kortere under Æqvatoren; midt imellem Polerne og Æqvatoren, eller under 45° Brede, er det mathematiske Secund-Pendul noiagtigt 38 danske Tommer, derimod i Kjøbenhavn $\frac{2}{3}$ Linie længere. Man maa anvende stor Opmærksomhed paa Længden af det Pendul, som man vil bruge til at regulere et Uhr; thi, lad sammes Feil end være nok saa lidet mærkelig ved en enkelt eller nogle faa Svingninger, saa vil, da Secund-Pendulet i eet Døgn eller i 24 Timer svinger 86400 Gange, Feilen ligesaa mange Gange gjentages, og altsaa foraarsage i faa Dage en ikke ringe Urigtighed i hvad Uhret viser. Med Hensyn hertil er en Skrue anbragt under Pendul-Vægten, saa at den kan høves og sænkes, og Pendulets virkelige Længde saaledes forlænges og forkortes, hvorved det bringes til at svinge langsommere eller hurtigere. Ved omhyggeligen at rette ved denne Skrue, vil Uhrets Gang lade sig paa det Noieste berigtige.

Ved de bedre Uhre, saadanne som Astronomerne behøve, er denne Regulering ikke tilstrækkelig, thi hine maa gives al mulig Jevnhed i Gangen; og, da Pendulstangen forlænges eller sammentrækkes ved Varmens og Dunstkredsens Forandringer, har man udtænkt mange forskjellige sindrige Indretninger for at vedligeholde Pendulets Længde uforandret eller bringe det til at blive et saakaldet compenseret (aslignet) Pendul. En lige, feed Fyrrestok, klovet i Retningen af Træfibrene og fri for Knaster, har man fundet at være, under forskjellige Varmegrader, mindre Forandringer underkastet end nogen anden Materie, og derfor har man ret hensigtsmæssigen anvendt

ofte en saadan som Pendulstang. Men iblandt de bedste og i denne Henseende omhyggeligst udtænkte Indretninger ere Rist-Pendulet (saaledes kaldet formedelst de ligeløbende Stænger) og Qvikſølv-Pendulet, opfundet af Graham 1726.

Den almindelige Skikkelse af Ristpendulet vises Fig. 12, II. Tavle. Sædvanligen bestaaer det af 5 Stænger, af hvilke de to yderste og den mellemste ere af Jern eller Staal, medens de to, som ligge imellem og som i Figuren ere anlagte med Skygge, ere af Zink. Vægten *a* er fastgjort paa den sædvanlige Maade ved en Skrue og en Møttrik *b*, hvorved Vægten eller Lindsen kan hæves eller sænkes, og saaledes det enkelte Pendul, som svarer til det sammensatte, gjøres kortere eller længere. Paa Figuren er i Lindsen tegnet Aabninger, for at man kan see Pendulets Indretning. Skruen, hvorpaa er anbragt Møttriken *b*, som bærer Lindsen, gaaer fra Mellemstykket *f*; dette Mellemstykke er ved de yderste Staalstænger forbundet med Overstykket *d*; fra *d* gaae begge Zinkstængerne ned til *e*, og igjennem *d* gaaer ogsaa Pendulstangen *c*, som dog ene er fastgjort i Stykket *e*. Pendulstangen har foroven en Fjeder, hvorved den ophænges; *g* er et Tværstykke, hvorved de yderste Strænger og hele Pendulet sammenholdes, men det er ene fastgjort i de yderste Stænger. Virker nu Varmen paa Pendulet, da vil Staalstangen *c* udvides, og derved Stykket *e* sænkes; men, da tillige Zinkstængerne udvide sig og det meget stærkt, vil *d* ikke drages med, men tværtimod gaae opad, og saaledes hæve den Udvidelse, som de to yderste Staalstænger have, og som ellers vilde bringe Stykket *f* og hele Pendullindsen nedad. Ved et passende Valg af Metaller af forskjellig Udvidekraft, kunne vi bringe det dertil, at Pendulet er aldeles compenseret, eller at det tilsvarende mathematiske Pendul o: Afstanden fra Svingningspunctet til Ophængningspunctet, under enhver Varmegrad forbliver uforandret. Da man af Undersøgelser med Pyrometret allerede kjender de forskjellige Udvidelser af Metaller, lade Forholdene af Stængerne i Pendulet sig allerede meget nøie bestemme; men hensigtsmæssigt underkastes dog stedse det færdige Pendul endnu en pyrometrisk Undersøgelse, for at see, om Forholdene med

Hensyn til den særegne Beskaffenhed af de valgte Metaller ere rigtige.*)

Det forbedrede Qvikfølvpendul har følgende Indretning: *b* (Fig. 13) er en lige Staalstang, som staaer i Forbindelse med Glasset *a*, der er fyldt omtrent 7 Tommer høit med Qvikfølv; dette træder istedetfor Pendullindsen og gives derfor helst en aflang Form, for at Luftens Modstand kan blive desto mindre; ved Hjælp af Møttriken *c* kan Qvikfølv-Glasset skrues op eller ned, og Pendulet saaledes forkortes eller forlænges. Udvider nu Varmen Staalstangen *b*, saa virker denne tillige paa Qvikfølvet i Glasset *a*, og, medens Glasset sænkes, stiger ved Varmen Qvikfølvet; de to Metallers Udviden, Staalets og Qvikfølvets, hæve saaledes hinanden, saa at det tilsvarende mathematiske Pendul ogsaa her bliver uforandret. Ophængningen skeer enten formedelst en Fjeder, som i Fig. 12, eller ved en skarp Kant, eller saakaldet Knivsodde, som vugger i en Pande, der, for muligst at undgaae Rivningen, undertiden er udarbeidet af en Agat.

Da Pendulet kræver et fast Ophængningspunct, saa er det umuligt at anvende det i de Uhre, der tjene til Søobservationer og Længdebestemmelser ombord. Disse Uhre, som kaldes **Chronometre** eller **Søuhre**, maae derfor forsynes med en Uroe, ligesom de sædvanlige Lommeuhre; men med den Forskjel, at den i hine er forfærdiget af to Metaller, som Staal og Messing, og saaledes svarer aldeles til Ristpendulet i Pen-

*) I det af vor Kunstner, astronomisk Uhrmager Hr. Urban Jürgensen, R. af D. og Dbm. udgivne Værk, kaldet: Regler for Tidens nøiagtige Udmaaling ved Uhre, Kjøbenhavn 1804; Side 23-40 findes en nøiagtig Fremstilling og Afbildning af et compenseret Pendul, men hvor de valgte Metaller ere Staal og Messing; dog, da Messing har mindre Udvidekraft end Zink, bliver Pendulet mere sammensat. I den franske Udgave af samme Værk (Copenhague 1805) har samme Kunstner beskrevet et af Zink og Staal sammensat Pendul, hvis Indretning jeg har laant i Fig. 12. Mindre fordeelagtigt yttrer han sig i første Værk (Side 40) om Qvikfølv-Pendulet, men dengang havde det ikke den forbedrede Indretning, som i det Følgende vil blive beskreven, og som jeg har Hr. Jürgensen selv at takke for.

dul-Uhret; thi i hiint udretter Uroen just det samme, som Pendulet i dette. Derved, at Uroen er sammensat, rettes de Forandringer, Spiralfjedren lider ved Kulden og Varmen, og saaledes ville dens Svingninger blive ligetidige eller isochrone. De Indretninger, der opfylde dette Formaal, kaldes compenserede eller aflignede Uroer; men Vanskeligheden bestaaer i at vedligeholde lige Svingningsbuer under den ulige Virkning af Fjedren og Hjulene, og derfor anvendrs den frie Gang,*) eller en saadan, der er saaledes adskilt fra det øvrige Hjulværk, at den modtager et pludseligt og ligeligt Impuls (Indvirkning) istedetfor et fortsat og ulige. Uroen er imidlertid i intet Tilfælde saa god som Pendulet, efterdi en Fjeder kræves for at frembringe dens Tilbagekastен, og man er nødsaget at gjøre den liden for at undgaae Vægt og den deraf følgende Rivning og Materiens Ligegyldighed. Men, naar den er liden, ere dens Svingninger hyppige, og følgeligen, hvis de ikke ere aldeles ligetidige, maa deraf følge en stor og gjentagen Uregelmæssighed i Gangen af den Maskine, hvormed den staaer i Forbindelse. Af denne og lignende Kilder opstaae de store Vanskeligheder, som ere forbundne med at forfærdige fuldkomne Søuhre.

Førend vi forlade denne Gjenstand om Pendulet, vil det ikke være af Veien at fremsætte nogle faa Bemærkninger om Vægt og Maal og Midlerne til at forskaffe sig Prøver (etalons) til deres nøiagtige Undersøgelse eller Justeren, eftersom Pendulet synes at frembyde det simpleste og meest passende Middel til at opnaae dette Formaal. De Betingelser, der kræves af saadanne Prøver, ere: 1) at de skulle være simple og lette at erholde for den, der ønsker at bruge samme; 2) at man kan danne en ny og nøiagtig Prøve, uden at besidde en anden, da denne muligen kunde være tabt, tilintetgjort eller og ved Slid eller af andre Grunde urigtig. Noget Overlæg viser, at Vægt er afhængig af Maal, saasom det er umuligt at danne et Legeme af en bestemt Vægt uden at tage

*) Ved Gang (Echappement) forstaaes den Deel af Mechanismen i et Uhr, der forplanter Hjulværkets Kraft til Regulatoren, hvad enten denne er Pendul eller Uroe.

Hensyn til dets Udstrækning. Udtrykkene Pund, Lod o. s. v. give ikke dem, som i Forveien ere ubekjendte med samme, nogen bestemt Idee om Vægtens Størrelse; men, dersom vi fastsætte, at f. Ex. $3\frac{1}{3}$ Cubiktomme Messing veier 1 ℔, eller at en Cubikfod Regnvand veier 62 ℔, da kan saadan en Vægt strax dannes af En, som har et rigtigt Maal, og følgeligen er et fast Længdemaal, eftersom herefter alle de forskjellige Slags Vægt kunne dannes, af største Vigtighed.

Det danske Maal og Vægt, som tillige er antaget i Norge, er indrettet ifølge Forordningerne af 1ste Mai 1683 og 10de Jan. 1698, efter Forslag af den berømte O. Rømer. Grundmaalet er **den danske Alen**, som skal holde 2 rhinlandske eller danske Fod, 4 Qvarteer, 16 Sextendele. Foden deles i 12 Tommer, hver 12 Linier, eller 144 Linier. Dette er den almindelige Inddeling af Foden; for Regning er en Inddeling af Foden i 10 Tommer, Tommen i 10 Linier begvemmere, og den anvendes derfor ogsaa hyppigt i mathematiske Skrifter. Det Maal, der saaledes inddeles, kaldes **Tideelsmaalet** (Decimalmaalet), det derimod, hvor Foden deles i 12 Tommer, hver i 12 Linier, kaldes **Tolvdeelsmaalet** (Duodecimalmaalet). Dette sidste anvendes i Almindelighed i Kunster og Haandværker, og er ogsaa her i Bogen bestandigen brugt. Af større Maal bemærke vi Roden, som enten er 12 eller 10 Fod, eftersom vi bruge Tolvdeels- eller Tideelsmaalet, Favnen, som er 3 Alen eller 6 Fod, og den danske Miil, der er 12000 Al., og som deles i 4 Fjerdingvei. Til Flader anvendes Flademaal eller Qvadratmaal, og her bruge vi **Qvadratalenen**, som er et Qvadrat, paa hver Side en Alen. Deles dette Qvadrats Sider i Fod, saa indsees, at i Alt opstaae af Qvadratalenen 4 Qvadrater, som ere paa hver Side een Fod, eller Qvadratalenen udgjør 4 Qvadratfod; ligeledes holder Qvadratfoden 12 Gange 12 eller 144 Qvadrattommer, og Qvadrattommen 144 Qvadratlinier. Qvadratalenen vilde have 24 Gange 24 eller 576 Qvadrattommer. Bruge vi Tideelsmaalet, istedetfor den nævnte Inddeling efter Tolvdeelsmaalet, saa har Foden 100 Qvadrattommer, hver 100 Qvadratlinier. Qvadratroden vilde holde enten 144 eller 100

Qvadratfod. Qvadratfavnen holder 9 Qvadratalen; vi bruge den som Brændemaal, da Brændeveed, som skal være en Alen langt, stables i et Maal, der er een Favn bredt og een Favn høit. En Qvadratmiil vilde være 12000 Gange 12000 d. e. 144000000 Qvadratalen. Et Stykke Jord, som er 14000 Qvadratalen, altsaa f. Ex. er 140 Alen langt og 100 Alen bredt, kaldes en Tønde Land. Til Udmaaling af Legemer anvendes **Legemmaal** eller **Cubikmaal**. En Tærning (Cubus), hvis Sidelinie er en Alen, kaldes en Cubikalen; deeltes Sidelinien i Fod, saa opstod af Cubikalenen i alt 8 mindre Tærninger, hvis Sidelinie var een Fod, altsaa udgjorde en Cubikalen 8 Cubikfod. Cubikfoden har atter 12 Gange 12 Gange 12 eller 1728 Cubiktommer, og Cubiktommen ligeledes 1728 Cubiklinier. Anvendtes Tideelsmaalet, da havde Cubikfoden 10 Gange 10 Gange 10 eller 1000 Cubiktommer, hver til 1000 Cubiklinier. Vilde vi anvende Cubikroden, da indeholdt en Cubikrode efter Tolvdeelsmaalet 1728 Cubikfod, efter Tideelsmaalet 1000 Cubikfod. En Cubikfavn holder 3 Gange 3 Gange 3 eller 27 Cubikalen. En Cubikmiil vilde være en Tærning, som vi maatte tænke os at have en Sidelinie af een Miil eller 12000 Alen, og altsaa 12000 Gange 12000 Gange 12000 eller 1728000000000 Cubikalen. Til bequemmere Maal i det daglige Liv er bestemt, at en Korntønde skal indeholde $4\frac{1}{2}$ Cubikfod, en Øltønde, som ogsaa bruges til Meel og Fedevarer, naar disse ikke sælges efter Vægt, $4\frac{1}{4}$ Cubikfod, en Salttønde, som anvendes til spansk Salt og Steenkul, skal holde $5\frac{1}{2}$ Cubikfod (norsk Salt sælges efter Vægt, fransk Salt og ligeledes Kalk maales med Korntønden). En Cubikfod skal endvidere udgjøre 32 danske Potter, saa at Korntønden vil holde 144, Øltønden 136, Salttønden 176 Potter. For at bestemme Vægten, er forordnet, at een Cubikfod ferskt Vand skal veie 62 danske **Pund** Handelsvægt. Guld- og Sølvvægt noget lettere, nemlig 34 Mark eller 17 Pund skulle udgjøre 16 Pund Handelsvægt. Et Pund deles i 32 Lod, et Lod atter i 4 Qvintin, et Qvintin i 4 Ort.

Vi indsee af Ovenstaaende, hvor hensigtsmæssig den hele Bestemmelse er. Ligesom Benævnelserne toges af de før

1683 sig befindende Maal, saa afveeg man ei betydeligt fra disses Størrelse, og, ved at sætte Foden lig den rhinlandske, sattes det danske Maal og Vægt ogsaa i nær Forbindelse med det, der brugtes i Nabostaterne. Eftersom Maalets Underafdelinger vare saaledes, at 12 mindre Dele stedse vare lige en høiere, kunde med Lethed en Maalestok indrettes, ligeledes Vægten ved en bestandigen fortsat Halvering; Pundet deeltes saaledes først i halve Pund, dernæst i Fjerdedeels-Pund eller Fjerdingspund, Ottendedeels eller halve Fjerdingspund, 16-deels, og 32-deels Pund eller Lod; Loddet atter i halve Lod, Fjerdedeels-Lod eller Qvintin, Qvintinet atter i halve Qvintin, Fjerdedeels-Qvintin eller Ort.

Dog havde dette Maal ligesom ethvert, der var grundet paa en aldeles vilkaarlig Antagelse, den Ubeqvemhed, at det forudsatte omhyggeligen bevarede Prøvemaal. Saadanne Prøvemaal vilde let slides, ved at man hyppigen affatte dem, og altsaa ikke stedse beholde samme Længde. Ja det var endogsaa muligt, at Tidsomstændigheder kunde ødelægge aldeles saadanne Prøvemaal, og da vilde det være Efterkommerne umuligt med Nøiagtighed at angive, hvad vi have forstaaet ved en Fod o. s. v., og saaledes vilde de være i Tvivl, naar de i vore Skrifter forefandt eet eller andet angivet Maal. Dette er just nu Tilfældet med Romernes og Grækernes, ligesom ogsaa med Jødernes Maal og Vægt, som vi ikke nøiagtigt kjende, da alle de Maal, der kunne tjene til Rettesnoer, ere tabte, og vi kunne derfor ikke sammenligne de Angivelser, som findes i deres Skrifter, og som ofte i videnskabelig og historisk Henseende vilde være vigtige, nøiagtigt med vort Maal.

For altsaa at fastsætte Maalet saaledes, at, om endog enhver Maalestok blev tilintetgjort, men Efterretningen om hvorledes den var tilveiebragt blot bevaredes, Maalet kunde bringes atter tilveie, har man antaget, at det Pendul, der svinger Secunder under 45 Graders Brede, skulde give nøiagtigt 38 danske Tommer, og altsaa den danske Alen være $\frac{12}{19}$ af et saadant Pendul. Denne Bestemmelse gjør den danske Fod ikkun omtrent en Tretusinddeel mindre end det, hvorefter rhinlandsk Maal i Almindelighed bestemmes, nemlig $139\frac{13}{100}$

Pariser Linier, hvor den Favn, som er anvendt i Peru, eller den saakaldte peruanske Toise, antages ved 13 Graders Varme at være Prøvemaal for det franske Maal; men derhos nærmer den sig aldeles de til vore Tider bevarede danske Prøvemaal, saa at den Prøvealen, der findes paa Justeerkammeret, saa aldeles nøie fremstiller dette nye Maal, at ligesom forhen, saa i Fremtiden, ville alle Maal, der bruges i det daglige Liv, derefter kunne affættes, og Forandringen, om nogen kan ansees at være skeet, vil blive i Handel og Vandel aldeles umærkelig. For at bestemme Vægten beholdes den Antagelse, at en saadan Cubikfod ferskt Vand nøiagtigen skal veie 62 danske Pund. Vand skal her tages i sin største Reenhed, altsaa være destilleret med største Omhu og med de meest fuldkomne Redskaber, saa at man tør antage, at det aldeles ikke indeholder nogle det fremmede Dele; tillige bør det veies under den Varmegrad, hvor det er tættest: ved en noget betydelig Varme udvider det sig, ved Kulde fryser det og udvider sig da atter, men selv, inden det begynder at fryse, begynder det at udvide sig, naar Temperaturen nærmer sig Frysepunctet, og den høieste Fortætning har man fundet at have Sted ved $3\frac{2}{3}$ Grads Varme. Iagttages alle disse Forsigtighedsregler, saa vil den nye Bestemmelse af det danske Pund gjøre dette maaskee noget mindre, end det, der forhen almindeligen er anvendt til Justeren af Lodder; men Forskjellen vil være saa aldeles ringe, at selv paa saadanne Varer som Guld kan den gandske tilsidesættes.

Paa en gandske anden Maade skaffede Frankrig sig i Slutningen af forrige Aarhundrede et nyt Maal- og Vægt-System. Af foretagne Opmaalinger sluttede man sig til Jordens Omfang eller Længden af en Meridian, som er en Storcirkel igjennem Jordens Poler. Af denne Cirkel tog man Fjerdedelen eller Qvadranten og deelte samme i 10 Millioner Dele, hvilket Maal kaldtes **Metre**; et saadant Metre er nøiagtigt 3 Fod 2 Tom. $2\frac{28}{100}$ Linie, eller meget nær 3 Fod 2 Tom. 3 Linier dansk Maal; det blev inddeelt i 10 Decimetres, 100 Centimetres, 1000 Millimetres, ligesom ogsaa 10 Metres kaldtes Decametre, 100 Metres Hectometre, 1000 Metres Kilometre,

10 000 Metres Myriametre. Til Flademaal brugtes et Qvadrat, hvis Side var en Decametre eller 10 Metres, og som kaldtes Are; en Are er 253 Alen og 565 Tommer eller næsten 254 Alen dansk Qvadratmaal, den deles i 10 Deciares, 100 Centiares, 1000 Milliares, ligesom ogsaa de høiere Benævnelser ere Decare, Hectare, Kiliare, Myriare. Som Cubikmaal anvendtes Stere, der er en Tærning, som paa hver Side er en Metre, eller ogsaa Litre, som er en Tærning, hvis Sidelinie er en Decimetre; en Stere er saaledes 1000 Litres eller een Kilolitre og er 32 Cubikfod 658 Cubiktommer dansk Maal; en Litre er $1\frac{35}{1000}$ Pot; en Litre deles i 10 Decilitres, 100 Centilitres, 1000 Millilitres; ligeledes udgjør en Decalitre 10 Litres, en Hectolitre 100 Litres, en Kilolitre eller en Stere 1000 Litres og en Myrialitre 10 000 Litres. Til Bestemmelse af Vægt valgtes det, som en Millilitre eller en Tærning, hvis Sidelinie var et Centimetre, fyldt med destilleret Vand, veiede ved den største Fortætning i et lufttomt Rum; denne Vandmasses Vægt kaldtes Gramme; almindeligen forekommer Kilogrammet, eller 1000 Grammer, som er Litren fyldt med Vand, det er nøie 2 ℔. $1\frac{117}{256}$ Ort dansk Handelsvægt. Som større Vægt bruges endnu Millier, der er 1000 Kilogrammer, og Qvintal, som er 100 Kilogrammer, Kilogrammet er endvidere 10 Hectogrammer, 100 Decagrammer, eller 1000 Grammer; Grammet deles atter i 10 Decigrammer, 100 Centigrammer, 1000 Milligrammer.

De Opmaalinger, hvorpaa dette nye franske Maal- og Vægt-System støtter sig, have været forbundne med betydelige Vanskeligheder, og, skulde Prøvemaalene paa ny skaffes tilveie, maatte samme vidtløftige Opmaalinger foretages. De afgive ingen større Nøiagtighed end den, man igjennem Pendullængden kan forskaffe sig, og denne kan erholdes ved saare lette Midler: ved aldeles simple astronomiske Observationer kunne vi regulere meget nøiagtigt vort Uhr og hermed sammenligne Pendulsvingningerne. Det legemlige Pendul, hvis Svingninger skee i Luften, lader sig med Lethed overføre til det tilsvarende mathematiske Pendul i lufttomt Rum.

En anden Ubeqvemmelighed har endnu været forbundet med det franske Maal og Vægt: alle Navnene og de omtrentlige Størrelser vare nemlig aldeles nye, og saaledes kunde Almuen ikkun med Vanskelighed bringes til at antage dette Maal, og endnu bruges i Frankrig hyppigt det gamle Maal ved Siden af det nye. Da alle Inddelinger gaae frem efter 10, hvilket rigtignok giver en betydelig Lettelse for Regningen, saa er ogsaa Forfærdigelsen af Maalene og Vægtlodderne langt vanskeligere, end naar disse kunde bringes tilveie ved en fortsat Halveren eller Tredelen. Imidlertid bliver det stedse af Vigtighed at kjende dette nye Maal og Vægt, saasom en Mængde Jagttagelser og Forsøg, der ere anstillede af franske Lærde, ere angivne efter det; hvorfor og efterfølgende Tabel vil indeholde Reductionen af dette Maal til dansk Maal.

Af samme Vigtighed e. det engelske Maal og Vægt. Dette var og høist usikkert til Henrik den 7des Tid eller Begyndelsen af det 16de Aarhundrede, da nogen mere Nøiagtighed indførtes, og nøiagtige Prøvemaal, som siden ere bevarede, forfærdigedes. Disse have erholdt Fasthed, ved at Capitain **Kater** har sammenlignet Pendulet med samme, og saaledes fundet, at Secundpendulet i London er 39,13929 engelske Tommer, og udregne vi heraf Pendulet under 45°, saa bliver dette 39,11505 engelske Tommer, eller en engelsk Fod 11 Tom. $7\frac{8}{1000}$ Linie dansk Maal. En engelsk Cubikfod destilleret Vand skal veie 1000 Untser engelsk Handelsvægt (avoirdupois), og saaledes vil da 1000 Untser være 56,8476 danske ℔ Handelsvægt, eller og $62\frac{1}{2}$ eng. ℔ liig. 56,8476 danske ℔, eller 1 eng. ℔ avoird. liig 29 Lod = $1\frac{7}{10}$ Ort, hvis vi sætte den nye danske Cubikfod liig 62 danske ℔ Handelsvægt; efter den nugjældende danske Vægt regnes et engelsk ℔ til 29 Lod = $\frac{3}{10}$ Ort. Den engelske Troy-Vægt, som bruges til Guld, Sølv og ogsaa som Apothekervægt, er mindre, idet 17 ℔ Troy-Vægt er 14 ℔ avoirdupois, eller nøiagtigere 700 ℔ Troy ere 576 ℔ avoirdupois.

Endnu maae vi mærke Apothekervægten, der bruges i Danmark og hele Tydskland; her er eet ℔ til 12 Untser, 96 Drachmer, 288 Scrupler eller 5760 Gran, kun 22 Lod 3 Qvint.

$2\frac{1}{2}$ Ort Handelsvægt. Apothekervægten anvendes i Almindelighed ved chemiske Undersøgelser. Sammenstille vi dette, da have vi følgende tabellariske Oversigt.

Fransk Maal.

1 Metre	=	3	Fod	2	Tom.	2,98 Lin. Dansk.
1 Decimetre	=	⁄	—	3	—	9,898 —
1 Centimetre	=	⁄	—	⁄	—	4,590 —
1 Millimetre	=	⁄	—	⁄	—	0,459 —

Fransk Vægt.

1 Kilogramme	=	2	℔	⁄	Lod	⁄	Qv.	1,46 Ort.
1 Hectogramme	=	⁄	—	6	—	1	—	2,55 —
1 Decagramme	=	⁄	—	⁄	—	2	—	2,26 —
1 Gramme	=	⁄	—	⁄	—	⁄	—	1,03 —

Dansk Handelsvægt.

eller.

1 Hectogramme	=	3	Untz.	2	Dr.	2	Scr.	11,685	Gr.
1 Decagramme	=	⁄	—	2	—	2	—	1,169	—
1 Gramme	=	⁄	—	⁄	—	⁄	—	16,117	—
1 Decigramme	=	⁄	—	⁄	—	⁄	—	1,612	—

Apothekervægt.

Engelsk Maal.

1 Fod	=	11	Tom.	7,89 Lin. Dansk.
1 Tomme	=	⁄	—	11,66 —

Engelsk Vægt.

1 ℔ (Lib.) Avoirdupois	=	29	Lod	⁄	Qv.	0,79	Ort.
1 Untse (Oz.) ——	=	1	—	3	—	1,05	—
1 Drachme (Dram.)	=	⁄	—	⁄	—	1,82	—

Dansk Handelsvægt.

1 ℔ (Lib.) Troy-Vægt	=	12	U.	4	D.	⁄	S.	10,927 G.
1 Untse (Oz.)	=	1	—	⁄	—	1	—	0,911 —
1 Pen. Wghts (Dwt.)	=	⁄	—	⁄	—	1	—	5,046 —
1 Gran (Gr.)	=	⁄	—	⁄	—	⁄	—	1,044 —

Apothekervægt.

Nota. Anvendes Troy-Vægten som engelsk Apothekervægt, da deles Untsen i 8 Drachmer, hver til 3 Scrupler à 20 Gran.

*) Om Forholdene af dansk Maal og Vægt til andre Landes see Ursins Regnebog. S. 160. Fuldstændigere Efterretning haves i Martensens Contoirist.

Naar vi tale om et Legemes Vægt, forstaae vi derved stedse den Vægt, det har, naar det er i Hvile; thi er det i Bevægelse, vil dets tilsyneladende Vægt eller Virkekraft tiltage formedelst det Moment, det erholder ved Bevægelsen (see Side 17). For at beregne den virkelige Kraft, der behøves til at drive en Maskine, er det derfor ikke nok at tage den blotte Vægt i Regning, men vi maae tillige tage Hurtigheden af Bevægelsen i Betragtning; thi, dersom Kraften bevæger sig i et givet Rum med en vis Hurtighed eller i en vis Tid og frembringer saaledes en vis Virkning, saa vil det frembringe den dobbelte Virkning ved at bevæge sig igjennem samme Rum i Halvdelen af den forrige Tid, og Virkningen vilde forblive den samme, naar Kraften var halv saa stor, som den forrige, men Hurtigheden den dobbelte. Moment eller Bevægekraft opstaaer altsaa af Vægten eller Materiens Mængde, multipliceret med Hurtigheden af Bevægelsen, og saaledes kan et meget lidet Legeme med hurtig Bevægelse udrette det Samme, som et større eller tungere Legeme med langsommere Bevægelse. Antag saaledes f. Ex. at en Kanonkugle, der veiede 10 ℔, bevægede sig med en Hurtighed af 100 Fod i eet Secund, og en anden der veiede kun 2 ℔, bevægede sig med en Hurtighed af 500 Fod i eet Secund, saa skulde, for at sammenligne deres Virkning imod en modstaaende Gjenstand, de 10 ℔ multipliceres med deres Hastighed 100, hvilket frembringer 1000, og de 2 ℔ med deres eller 500, hvilket frembringer ligeledes 1000, og saaledes viser det sig, at det mindre Legeme nøiagtigen udretter det Samme som det større, da det erstatter ved sin Bevægelse, hvad der mangler det i Masse, medens det større erstatter ved sin Masse hvad der mangler det i Bevægelse, og paa dette Princip beroer Virkningen af alle de mechaniske Potenser eller enkelte Maskiner, hvilket vil vise sig, naar samme blive forklarede. Men førend vi gaae over til dem, bliver det nødvendigt at gjøre nogle Bemærkninger over det, som kaldes Tyngdepunctet.

Tredie Afsnit.

Mechanik. — Om Tyngdepunctet.

Uagtet enhver enkelt nok saa ringe Deel, hvoraf et Legeme er sammensat, er underkastet Tyngdens Paavirkning og følgeligen maa have Vægt, og altsaa Vægten af ethvert Legeme er udbredt inden dets hele Omfang, saa er der dog et enkelt Punct i ethvert Legeme, i hvilket dets hele Vægt eller Tyngdekraft synes at være sammentrængt eller forenet, og dette kaldes Legemets **Tyngdepunct.** Derfor, hvis dette Punct er understøttet, vil Legemet ikke kunne falde, og, naar et Legeme falder, ene formedelst Tyngden, skeer dette efter en ret Linie, som forener dets Tyngdepunct med Jordens Midtpunct, og som paa Grund heraf kaldes **Tyngderetningen.** Da nu alle Legemer have en bestandig Tilbøielighed til at falde, ville ogsaa deres Tyngdepuncter i alle Tilfælde falde i denne Linie eller just under det Punct, i hvilket de ere ophængte, saafremt de ellers frit kunne bevæge sig og ere ophængte i et andet Punct end i Tyngdepunctet selv.

For at komme til en klarere Forestilling af Tyngdepunctets Natur, og hvorfor denne Sammentrængen af Vægt i dette finder Sted, lader os tænke os Linien *ab* (Fig. 14) at forestille en lige Stang af Træe eller Metal, heelt igjennem af lige Tykkelse, og at *c* er dens Midtpunct; dersom den nu hviler paa en Naal eller skarp Kant *d* just lige under Punctet *c*, vil den holde sig i Ligevægt og støttes uden nogen Hjælp. Thi, da Tyngden virker i Forhold til Materiens Mængde, og der er lige megen Materie i hver Ende, eller ligesaa megen imellem *a* og *c*, som der er imellem *b* og *c*, saa følger deraf, at Enden *a* vil drages ned med en Kraft, just lig den, som

virker paa *b*, og derfor vil en Ligevægt finde Sted, medens hele Vægten af *ab* synes forenet i Punctet *c*, i hvilket det holdes i Ligevægt, og som saaledes ei blot er Midtpunct, men tillige Tyngdepunct.

Men, hvis vi antage, at *ab* ikke heelt igjennem er af samme Materie, men at Enden *ac* bestaaer af Blye eller en anden tung Materie, medens *cb* er af Træe, da vil *ac* indeholde mere Materie end *cb*, og følgeligen vil den have Overvægten, med mindre Naalen *d* flyttes fra *c* til et Punct nærmere *a*, saasom *e*, hvilket nu vil blive Tyngdepunctet, og i hvilket *ab* vil holdes i Ligevægt, ihvorvel vi nu ville indsee, at Tyngdepunctet ei længer falder sammen med Stangens virkelige Midtpunct, som stedse forbliver i *c*. Heraf følger altsaa, at Tyngdepunctet og Midtpunctet af Figuren ikke staae i nogen nødvendig Forbindelse med hinanden, og at disse kun ville falde sammen, naar Legemet er heelt igjennem af en aldeles eensartet Materie og tillige har en regelret Form, saasom er en Kugle, en Tærning, en Valse eller deslige, saa at vi kunne tale om et Midtpunct af Figuren.

Tyngdepunctet er imidlertid ikke stedse et Punct af Legemet selv, men kan ofte ligge udenfor samme, hvorpaa Fig. 15 giver et Exempel. Her ville vi antage, at 5 og 1 forestille to ulige store Kugler, forbundne med en stiv Metaltraad, og som holdes i Ligevægt i Punctet *f* af denne Traad, hvilket er understøttet ved Underlaget *g*. I dette Tilfælde ville vi antage, at den store Kugle veier 5 Lod, den mindre eet Lod. Vægtmasserne paa begge Sider af *f* ere derfor i høi Grad ulige, og dog frembringes Ligevægt; men, for at dette kan skee, maae vi vælge *f* saaledes, at der er 5 Gange saa langt fra *f* til Midtpunctet af Kuglen 1, som fra *f* til Midtpunctet af Kuglen 5; og derfor, hvis Kuglen 5, idet hele Traaden vugger paa *g*, synker een Linie, maa Kuglen 1 stige 5 Linier, og omvendt, hvis Kuglen 5 stiger, maa Kuglen 1 synke 5 Gange saameget. Saaledes opstaae to Momenter, som tilveiebringe Ligevægt; thi, skjøndt Kuglerne 5 og 1 ere uligestore, ville deres Masser, hver multipliceret med sin særegne Bevægelse,

frembringe ligestore Producter, og altsaa Ligevægt opstaae. (Side 38).

Vanskeligheden at bringe smalle Legemer i Ligevægt eller understøtte dem, hidrører fra den Omstændighed, at Tyngdepunctet stedse stræber at komme under Understøttelsespunctet. Saaledes, hvis *a* er Tyngdepunctet af det rhomboidalske Legeme *ekml* (Fig. 16), og dette er understøttet eller holdes i Ligevægt i et Punct *m*, ved at der igjennem dette er stukken en Stift, vil dette Legeme holdes opreist, saalænge Tyngdepunctet *a* just er over Understøttelsespunctet *m*; men, hvis dette Tyngdepunct rykkes blot det Allermindste til Høire eller Venstre fra dets Sted *a*, vil Legemet ikke længere vedligeholde sin opreiste Stilling *ekml*, men dreie sig om Punctet *m* og sætte sig selv i den Stilling, der er tilkjendegivet ved den prikkede Figur under *m*, saa at Tyngdepunctet kommer i *n*, just i Tyngderetningen *mo*. Af samme Grund vil det være saare vanskeligt at bringe Stangen *acb* Fig. 14 i Ligevægt, saa at den beholder en vandret Stilling, saafremt den har en noget betydelig Tykkelse; thi, naar dens Ender svinge op og ned, vil Tyngdepunctet *c* ved enhver Svingning flyttes til den Side af Underlaget *d*, som er nærmest den dalende Ende; følgeligen vil Legemet ophøre at være understøttet og altsaa falde. For at forebygge denne Ubeqvemmelighed hos Vægtbjælken, der bruges til Vægtskaaler, og som stedse bør komme i Hvile, naar den er i en vandret Stilling, er Ophængningspunctet altid over Tyngdepunctet. Forestiller Fig. 17 en sædvanlig Vægtbjælke, da er Ophængningspunctet *p*, og Tyngdepunctet *q* vil just være lige under samme, naar Vægtbjælken er i en vandret Stilling, men ikke, naar den er i nogensomhelst anden Stilling, og derfor vil Vægtbjælken, naar den er ligeligen betynget paa begge Ender, stedse indtage den vandrette Stilling.

Det, som her er fremsat, giver et meget let Middel til at bestemme Beliggenheden af Tyngdepunctet i en plan Flade, der lader sig bevæge, hvor uregelret sammes Omrids end er. Antage vi saaledes Fig. 18 at være en plan Flade, og gjøre et Hul *r* ved een af dens Ender, og igjennem samme stikke en Naal, saa at Fladen frit kan bevæge sig om *r*, da bliver

Naalen Ophængningspunctet, og et Lod i en Snoer vil bestemme Tyngderetningen (S. 9), der gaaer fra Ophængningspunctet mod Jordens Midtpunct. Nu vide vi, at Tyngdepunctet af Fladen *rtvu* vil komme lige under Ophængningspunctet, altsaa vil det være eet eller andet Sted i Linien *rs*; denne Linie ville vi afridse paa Fladen. Gjøre vi et Hul *t* i en anden Kant af Fladen, saa ville vi ligeledes kunne hefte i samme en Naal og et Lod med Snoer og saaledes erholde endnu en Tyngderetning efter Linien *tu*; i denne Linie maa Tyngdepunctet ogsaa være; men da det ikke kan være paa to forskjellige Steder, kan det ene være i *w* eller i Overskjæringspunctet af begge Linier. Den samme Fremgangsmaade kunne vi anvende ved ethvert Legeme, der lader sig flytte; kun, naar Tyngdepunctet falder indenfor Legemets Omfang, bliver det vanskeligt at opridse Tyngderetningerne. Kan Legemet ikke flyttes, og altsaa ikke underkastes denne Undersøgelse, saa kan dets Tyngdepunct kun bestemmes ved Udregning, hvorved vi bør tage Hensyn til Vægt, Tæthed og Beliggenhed af Bestanddelene. Naar vi saaledes have bestemt Tyngdepunctets Sted, ville vi strax kunne see, om Legemet er sikkert understøttet, eller ei.

Tænke vi os en Ruin, som den, der er aftegnet Fig. 19, da maatte den synes at være farlig, og ved første Øiekast maatte det ansees umuligt, at den kunde staae; men, hvis ifølge Regning Tyngdepunctet findes at være i *x*, og Tyngderetningen bestemmes ved *xy*, er det klart, at dersom blot Kalken er stærk nok til at holde Stenene sammen, vil Muren ikke falde; men, var Linien *xy* derimod falden udenfor *a*, havde Tyngdepunctet været uden Understøttelse, og Muren maatte være falden.

De samme Slutninger kunne vi anvende paa heldende Taarne og Taarnspire, af hvilke mange Exempler findes. Et af de mærkeligste er Taarnet i Pisa i Italien, det er 182 Fod høit og hænger over 16 Fod ud fra Lodlinien, og dog har dette været Tilfældet i 300 Aar, uden at det er nedstyrtet eller har lidt nogen Skade. To Spire i Bologna hælde ligeledes og

ere allerede i Aaret 1586 beskrevne som saadanne. Lignende Exempler haves paa flere Steder.

Grunden, hvorfor Kegler og Pyramider ere de Legemer, som staae tryggest, og hvorfor høie og høitlæssede Vogne lettere ville falde, end lave, støtter sig paa samme Princip. Saaledes lad *g* Fig. 20 forestille et Læs Stene paa en Vogn, der befinder sig paa den afrundede Vei *cde*; da dette Læs ligger lavt i Vognen, vil *g* forestille Tyngdepunctet og *gf* Tyngderetningen, der vil falde imellem Hjulene, og derfor vil Vognen ikke vælte. Men, dersom i det andet Læs *h* er Tyngdepunctet og *hi* Tyngderetningen, saa, da denne falder udenfor Hjulene, vil Læsset være uden Understøttelse og altsaa vælte.

Mange mechaniske Taskenspillerkunster udøves ved at flytte Tyngdepunctet fra dets naturlige Sted, eller ved at skjule dets Plads. Saaledes bringer man en Valse til at rulle opad en Skraaning; ligeledes synes en Dobbeltkegle at rulle opad en Skraaning, og mange andre Balanceerkunster forevises, som for den Ukyndige ere i høieste Grad paafaldende. I første Tilfælde forfærdiges en stor Valse af let Træe og dens Tyngdepunct flyttes fra dens Midtpunct *m* Fig. 21, hvor det ordentligviis vilde være, ved at drive en Blytap ind nær Kanten i *l*, som Følge heraf vil Tyngdepunctet blive omtrent i Midten af Blyet eller i *l*, og *ln* vil blive Tyngderetningen. Nu vil *l* stræbe at falde mod *n*, og Valsen saaledes rulle et kort Stykke opad Skraaningen *op*. Den dobbelte Kegle synes ligeledes at løbe opad, ihvorvel i det Virkelige dens Tyngdepunct er lavere, naar den er ved Toppen end ved Foden af Skraaningen; denne har nemlig en egen Skikkelse, idet den bestaaer af to Stænger *qr* og *rs*, Fig. 22, som støde sammen i Punctet *r* og derpaa med deres andre Ender *q* og *s* vige fra hinanden, næsten saa vidt som der er imellem Dobbeltkeglens Spidser. Lægges nu Dobbeltkeglen *tv* nær *r*, da vil dens Form ikke tillade den at falde ned imellem Stængerne *qr* og *rs*; men, naar den efterhaanden rykker frem, vil den stedse meer og meer synke ned imellem dem, indtil den omsider understøttes ene ved de to Puncter *t* og *v*. Ihvorvel nu *r* er det laveste Punct af Skraaplanet, saa ville vi dog af Fig. 23

indsee, at Keglen er i sin Stilling *t* høiere end i *v*, og, ihvorvel den løber opad Skraaplanet *rs*, vil dens Tyngdepunct gaae frem efter den prikkede Linie *ws*, hvor *s* er lavere end *w*.

En Stang *vx* Fig. 24, som ikke kan understøtte sig selv ved sin egen Vægt, da dens Tyngdepunct *y* er udenfor Bordet *z*, hvorpaa den hviler, vil understøttes ved en Vægt anbragt i dens ene Ende *x*. Denne Vægt maa i Skikkelse ligne *abc*, hvor *a* er en Kapsel, der kan skydes over Enden *x*, *b* en Metaltraad, loddet til samme, og *c* en Blykugle, der, naar *a* bliver skudt paa *x*, gaaer ind under *v*. Tyngdepunctet af den hele sammensatte Ting vil nu flyttes fra *y* ned til et Punct *c*, og saaledes vil nu *xv* blive fastliggende paa Bordet. Mange andre Exempler kunne anføres, men de ovenstaaende ere tilstrækkelige for at forklare alle lignende.

Fjerde Afsnit.

Mechanik. — De mechaniske Potenser.

Mechaniske Potenser ere visse simple Maskin-Indretninger, ved hvilke een eller anden Fordeel vindes, saasom en Vægt hæves, eller en Modstand overvindes med mindre Kraftanvendelse, end uden samme vilde have været fornøden, eller ogsaa en hurtigere Bevægelse frembringes, end den, Kraften havde v. s. v. Ved en mechanisk Potens vil Vægten eller Modstanden, der skal bevæges, og Kraften, der bevæger den, til samme Tid bevæger sig, og ethvert Redskab afgiver en mechanisk Potens, naar Bevægelsen af Kraften frembringer en samtidig hos Modstanden; men, da tillige Simpelhed er nødvendig, for at en Maskin-Indretning kan kaldes en mechanisk Potens, faae kun Elementerne af Maskineriet dette Navn, og disse ere ogsaa saa aldeles eenfolde, at de ikke fremdeles lade sig gjøre mere enkelte eller lade sig forandre. De ere kun 6 forskjellige, og disse ere: **Vægtstangen, Spillet, Tridsen, Skraaplanet, Kilen og Skruen**, og man vil finde, at ethvert mechanisk Redskab eller enhver Maskine er sammensat af dem alle, eller af nogle af dem.

Efterdi Virkningen af de mechaniske Potenser er afhængig af at Ligevægt bringes tilveie imellem en ulige Kraft og Last, saa følger deraf, at, skjøndt begges Bevægelser ere samtidige, ville disse ikke kunne være lige; thi, var dette Tilfældet, saa ville Momenterne være ulige, og altsaa ingen Ligevægt finde Sted. Bevægelserne af Kraft og Last ville stedse staae i omvendt Forhold til Kraften og Lasten, saa at Alt, hvad der er sagt om Fig. 15, lader sig anvende paa de mechaniske Potenser i Almindelighed; thi, dersom Midtpunctet

af Kuglen 1 er 5 Gange saa langt fra Punctet *f* af Vægtbjælken, som Midtpunctet af Kuglen 5 er fra samme Punct, vil Kuglen 1, naar den sættes i Bevægelse, bevæge sig 5 Gange saa langt som Kuglen 5; og altsaa ville for begge samme Momenter fremstaae, og følgeligen Ligevægt finde Sted. Saaledes ville vi indsee, at, skjøndt vi ved en mechanisk Potens kunne vinde Kraft, vil et forholdsmæssigt Tab i Tid finde Sted; og omvendt, dersom vi ville bringe ved en mechanisk Potens en hurtigere Bevægelse tilveie, end den, Kraften selv har, da tabe vi i Kraft. Eller med andre Ord, dersom en Vægt hæves til en vis Høide ved en umiddelbar Kraftanvendelse, og det Samme udrettes siden ved Hjælp af en mechanisk Potens ved en Tiendedeel af samme Kraft, vil dertil medgaae 10 Gange saa megen Tid; og omvendt, dersom vi ville udrette det Samme 10 Gange saa hurtigt, da vil den mechaniske Potens, der anvendes, kræve en 10 Gange saa stor Kraft. Imidlertid vil især Tabet af Tid i mange Tilfælde ikke komme i Betragtning i Sammenligning med Evnen at udføre en Ting; og, da de Fordele, som de mechaniske Potenser skaffe Menneskene ved at sætte dem istand til at udføre Gjerninger, som uden hines Hjælp vilde aldeles have ligget udenfor deres Virkeevne, ere uberegneligen store, saa tager man i Almindelighed intet Hensyn til Tabet af Tid, da dette aldeles overveies ved den store Vinding af Kraft.

Vægtstangen

er den simpleste af alle mechaniske Potenser og betragtes almindeligen som den første. — En Vægtstang er en ubøielig Stang af hvilkensomhelst Skikkelse, der er indrettet saaledes, at den kan dreie sig om en Stift eller paa en Kant, hvilken kaldes dens **Hvilepunct**. Lasten, der skal overvindes, er anbragt i eet Punct af Vægtstangen, Kraften, som overvinder Lasten, i et andet Punct; og med Hensyn til disse tre Puncters indbyrdes Beliggenhed ere tre forskjellige Arter af Vægtstænger. Den første Art, hvor Hvilepunctet er imellem Lasten og Kraften, kaldes den **toarmede Vægtstang**, og ved denne skjelne vi imellem de to særskilte Arme, den ene fra

Hvilepunctet til Lasten, som kaldes Lastens Arm, den anden fra Hvilepunctet til Kraften, som kaldes Kraftens Arm. De to andre Arter ere eenarmede Vægtstænger, idet Lastens og Kraftens Puncter ligge paa een Side af Hvilepunctet, og Lastens og Kraftens Arm saaledes falde sammen; den ene Art er Bærevægtstangen, hvor Lasten ligger imellem Hvilepunctet og Kraften, den anden Art Kastevægtstangen, hvor Kraften ligger imellem Hvilepunctet og Lasten. Ved alle Vægtstænger vil Kraftvindingen staae i Forhold til hvormange Gange Kraftens Arm er større end Lastens. Er Kraftens Arm kortere end Lastens, saa vil et Tab af Kraft finde Sted, hvilket stedse er Tilfældet med Kastevægtstangen, men da vil i Stedet derfor en Vinding af Tid opstaae, i Forhold til hvormange Gange Lastens Arm er større end Kraftens.

Tavle III. Fig. 25 er en toarmet Vægtstang, fremstillet i een af dens almindeligste Anvendelser, nemlig til at hæve en Byrde eller en Steen *d*. Naar den bruges saaledes, kaldes den almindeligen en Løftestang, et Brækkejern, et Kobeen eller en Haandspage. Den hele Stang *ef* er en toarmet Vægtstang, Stenen eller Underlaget *g* er Hvilepunctet, om hvilket den dreier sig; følgeligen fra *g* til *f*, hvor Kraften er anbragt, er Kraftens Arm, fra *g* til *e* er Lastens Arm. Den Kraft, som vindes ved denne Vægtstang, udtrykkes ved det Antal Gange, som *ge* eller Lastens Arm indeholdes i *fg* eller Kraftens Arm. Paa Tegningen er saaledes *fg* det Dobbelte af *eg*; Kraftvindingen kan altsaa udtrykkes ved 2; eller, hvad Lasten end er, vil denne i Punctet *f* blot synes at veie det Halve. Rykkedes Hvilepunctet *g* nærmere til *e*, saa at f. Ex. *gf* var 20 Gange *eg*, saa vilde en 20-fold Kraft være vunden, eller *d* vilde løftes fra Punctet *f* med $\frac{1}{20}$ af dens virkelige Vægt. I dette Tilfælde maatte imidlertid *f* trykkes 20 Gange saa langt ned, som *e* skulde hæve sig, og derfor vilde *d* faae en blot gandske ringe Bevægelse.

Ifølge samme Regel vil, ligesom Kraftvindingen i *f* tiltager, naar Hvilepunctet *g* flyttes henimod Lasten, den aftage, naar *g* flyttes mod *f*. Antage vi saaledes, at *g* just ligger lige imellem *e* og *f*, eller at Kraftens og Lastens Arm

just ere ligestore, saa vindes aldeles ingen Kraft i *f*; thi hvilkensomhelst Vægt vi end anbringe i *e*, vil en lignende Kraft vorde nødvendig i *f* for at bevæge hiin; og da baade *e* og *f* ved deres Bevægelse danne ligestore Cirkelbuer eller i lige Tider gjennemløbe ligestore Veie, saa kan ingen Kraft vindes, thi dette vilde just være imod Bevægelsens Love. Ja, dersom Hvilepunctet *g* antages flyttet nærmere *f* end *e*, vil *e* ved Bevægelsen om *g* gjennemløbe et større Rum end *f*, og følgeligen, da Momenterne skulle være ligestore, vil Lasten *d* virke med et forøget Tryk i *f*, eller i *f* maa anvendes en større Kraft for at holde Ligevægt med Lasten *d*. Ved en saadan Indretning indsees, at ingen Kraftvinding finder Sted; men, da Vægtstangens Hensigt i Almindelighed er denne, saa kaldes den kortere Arm, nu *gf*, som oftest Lastens Arm og den længere Arm Kraftens Arm. Nu indsee vi, at den er den samme Vægtstang som forhen, men endevendt.

Idet vi tale om Kraften og Vægtstænger af hvilkensomhelst Art, maae vi lægge Mærke til, at de maae betragtes som om de vare uden Vægt, og, naar vi ville anstille nøiagtige Forsøg med samme, maa Vægten af deres Dele nøiagtigen bringes til at ophæve hverandre, da det ellers vilde have Indflydelse paa Resultatet. Saaledes, hvis Stangen *ef* Fig. 25 allevegne havde lige Tykkelse, er det klart, at der just vilde blive dobbelt saa megen Vægt i Armen *gf*, som i den kortere *eg*, og dette Overskud af Materie vilde give Enden *ef* Overvægt og trykke den ned og saaledes synes at forøge og hjælpe Kraften. Man forekommer denne Vanskelighed ved, under den mathematiske Undersøgelse, at betragte hele Stangen *ef* som uden Vægt, og under Udførelsen eller ved Forsøg at hænge en Vægt paa den kortere Arm *eg*, eller ogsaa blot gjøre den kortere Arm saa meget tykkere, at Ligevægten imellem begge Arme just finder Sted, naar Vægtstangen er i Virksomhed.

Af ovenstaaende Beskrivelse vil det indsees, at ei blot alle Slags Saxe og Tænger, der virke om en Skrue eller Navle, ere toarmede Vægtstænger, men at ogsaa Skaalvægten og Bismeren, ved hvilken sidste forskjellig Vægt veies med en eneste uforandret Vægt, ere af samme Art. Skaalvægten er

et Instrument saa almindeligen brugt, at det vel fortjener en nærmere Betragtning. Ihvorvel den er en Vægtstang, er den i ingen Henseende bestemt at være en mechanist Potens, men dens Hensigt er ene paa det Nøiagtigste at angive, om lige Vægt er hængt paa begge Ender af samme, eller lagt i Skaalerne, som almindeligen ere hængte paa Endepuncterne. I Overeensstemmelse med hvad, der er anført ved Forklaringen af det andet Tilfælde af Fig. 25, hvor nemlig Hvilepunctet ligger just lige imellem *e* og *f*, ville vi slutte, at det er aldeles nødvendigt, at Hvilepunctet eller Stiften, hvorpaa Vægtbjælken hviler eller om hvilken den dreier sig, just er halvveis imellem begge Enderne, hvorpaa Skaalerne hænge. Thi, er den ene Arm af Vægtbjælken længere end den anden, vil hiin have en Overhaand af Kraft over denne, og følgeligen, endskjøndt Vægtbjælken kan være i Ligevægt og synes rigtig, naar begge Skaalerne ere ulige tunge, saa at de frembringe de til Ligevægten nødvendige ligestore Momenter, vil Ligevægten dog, saasnart lige Tyngder lægges i Skaalerne, ophøre, og den Tyngde, der hænger paa den længste Arm, faae Overvægten. For derfor at prøve en Skaalvægts Godhed, bør Skaalerne først tages af, og derpaa bør undersøges, om Vægtbjælken selv holder Ligevægt; nu hænges Skaalerne paa, og derpaa atter omvendt, saa at hver Skaal hænger paa den Ende, der er modsat den, som den først var paahængt; lige Tyngder lægges da i begge Skaaler, og disse ombyttes atter; beholder Vægtbjælken under alle disse Forandringer sin vandrette Stilling uforandret, saa kan man antage, at den er godt og nøiagtigt udarbeidet. Tappen eller Hvilepunctet *p* Fig. 17, om hvilket Vægtbjælken dreier sig, bør være nedentil skarp som en Knivsodde og af vel hærdet Staal, ligesom ogsaa det Indre af den Ring, eller Panden, hvori den vugger, hvilken endnu bedre udføres med Agat; herved bringes Hvilestedet til at være en fiin Linie, og Rivningen gjøres saaledes saa liden som muligt. Ved Vægtbjælker, der skulle anvendes til saare fine Afveininger, maae Tapperne af Vægtbjælken eller Hvilepunctet ikke ligge altfor høit over Tyngdepunctet, da Vægtbjælken derved vilde tabe Bevægelighed; derimod see vi, at ved grove Pak-

hunsvægte dette Punct i Almindelighed er 1 eller 2 Tommer under Hvilepunctet, hvorved Vægtskaalerne hurtigt komme i Ro, og saaledes Tid spares. Men jo nærmere Tyngdepunctet, ved nøiagtig Veining, bringes under den Linie, der forener Øjnene *hh* og kaldes Ophængningslinien, og denne Linie atter Hvilepunctet, desto bedre er det, ihvorvel en saadan Vægt længe svinger, inden den kommer i Ro, og saaledes et stort Tidstab opstaaer, dersom vi med den veie Ting, hvis Vægt ei med den yderste Nøiagtighed kræves. Ved Hjælp af Viseren *i* eller den saakaldte Tunge, sees lettere, end ved Vægtbjælken selv, om den er i vandret Stilling eller ei.

Bismerens Skikkelse sees af Fig. 26, *hi* er en Vægtstang, der dreier sig om Hvilepunctet *k*, hvilket er understøttet af en Krampe, der hænger i Hanken *l*, som bærer hele Indretningen, *m* er det Legeme, der skal veies og som hænger fra Navlen *n*, altsaa er *nk* Lastens Arm, medens *ko*, eller fra *k* til hvilkensomhelst Beliggenhed *o* af den bestandige Vægt, der kan flyttes i de forskjellige Skurer (som ere betegnede med 1, 2, 3, indtil 15) vil være Kraftens Arm. Antage vi nu, at denne Vægtstang selv aldeles ingen Vægt har, eller at den er bragt i Ligevægt ved den større Masse, som findes imod Enden *h*, saa følger deraf, at, naar Afstandene *nk* og *ok* ere lige, vil en Vægt *o* just holde en ligestor Vægt *m* i Ligevægt, og derfor, hvis f. Ex. *o* er 4 ℔, maa *m* ligeledes være 4 ℔. Skydes derimod *o* nærmere mod *k*, saa vil dens Virkning forsaavidt forsvinde, at den ikke længere formaaer at opveie en ligestor Vægt, men vil ene kunne opveie 1, 2 eller 3 ℔, som Vægt i *m*, saaledes som Tallene paa Figuren vise det; og omvendt, dersom *o* rykkes mod *i*, f. Ex. indtil 8, da er Kraftens Arm *k*8 dobbelt saa lang som Afstanden fra *k* til *n*, og derfor vil ogsaa *o* have den dobbelte Kraft og opveie 8 ℔, der hænges i *m*, og saaledes fremdeles i hver anden Stilling. I ovenstaaende Forklaring maae vi lægge Mærke til, at Hanken *p*, der er fremstillet i Figuren, aldeles ikke bruges; men de fleste Bismere ere indrettede til at have to Hvilepuncter, hvorved Omfanget af deres Virksomhed betydeligen udvides, endskjøndt med noget Offer af Nøiagtighed.

Antag saaledes, at Krogen bøiedes over Punctet *h* til den sik den i Tegningen med Prikker antydede Stilling, og, at det hele Instrument vendtes saaledes om, at ikke længere *l*, men *p* blev Hanken, hvorpaa Instrumentet er ophængt; saa vil *l* nu blive den ubrugte Hank, og det, der skulde veies, maatte stedse endnu hænges paa *q*; man forlader saaledes det gamle Hvilepunct *k* og faaer et nyt *r*, Vægten *o* faaer Stillingen foroven og det hele Instrument viser sig nu som Tegningen, naar den var vendt om. Da nu *r* er saare nær ved *n*, saa er Lastens Arm betydeligen forkortet, medens Kraftens Arm er bleven forlænget, og følgeligen er Virkningen af Vægten *o* bleven betydeligen forøget, hvilket tilkjendegives ved den Række Tal, som findes nedenunder, og som tilkjendegiver Lispund.

For at anstille Forsøg med Vægtstangen er en retlinet Vægtbjælke af Metal eller Træe, som er deelt i lige Dele, det hensigtsmæssigste Redskab; en saadan er afbildet Fig. 27, *st* er Vægtbjælken, som holdes opret af Stagen *v*. Hænges to lige Tyngder *u* og *x* i lige Afstande fra Hvilepunctet, saa ville de holde hinanden i Ligevægt og ville, naar Vægtstangen svinger lidet om Midtpunctet, bevæge sig begge ligemeget; men tage vi *x* bort, og istedetfor samme hænge en Vægt *y*, 6 Gange saa stor som *u*, men 6 Gange nærmere, da ville *u* og *y* atter holde Ligevægt; thi *v* bevæger sig ikkun $\frac{1}{6}$ af det, som *u* bevæger sig. Saaledes indsee vi, at Kraftvindingen ved Vægtstangen vel kan være saare stor, men at ved den formaae vi kun at frembringe en liden Bevægelse, og saaledes indskrænkes tildeels dens Anvendelighed.

Fig. 28 viser det samme Redskab, indrettet til at vise Beskaffenheden af den eenarmede Vægtstang og det af **Bære-vægtstangen**, da Lasten er imellem Hvilepunctet og Kraften; *a* er Hvilepunctet, *b* Vægten eller Lasten, der skal hæves eller overvindes, og *c* det Sted, hvor Kraften er anbragt, der i dette Tilfælde er fremstillet som en Vægt, der er bunden til en Snoer, som gaaer over Tridsen *e* (hvilken, som siden vises, aldeles ikke forandrer *d*'s Virkning, men blot dens Retning), og som ender sig i et Øsken ved *c*. Det er formedelst denne

Indretning af de forskjellige Dele klart, at, saafremt Vægten *b* skydes tæt hen til *c*, vil den udøve sin hele Tyngdekraft paa Snoren og kan ene holdes oppe ved at gjøre Vægten *d* ligesaa stor som Vægten *b*. I dette Tilfælde vindes altsaa ingen Kraft. Skydes *b* tæt hen til *a* eller anbringes i *a* selv, da er det ligeledes klart, at Hvilepunctet vil bære hele *b*'s Vægt, og følgeligen *c* aldeles ikke trænge til nogen Kraft; altsaa ved at flytte *b* fra *a* imod *c* vil dens Virkning paa *c* stedse tiltage, og det desto meer, jo nærmere den kommer *c*; men i enhver Stilling, undtagen just i *c*, vil Vægten *b* bæres af en mindre Kraft end dens egen Tyngde, og saaledes vil en Kraftvinding finde Sted. I Figuren er *b* forestillet som halvveis imellem *a* og *c*, og derfor vil dens halve Vægt bæres i Hvilepunctet *a*, den øvrige Halvdeel holdes i Ligevægt af Kraften i *c*; følgeligen er ved en saadan Indretning Kraftvindingen dobbelt, eller med den halve Kraft eller Vægt i *d* opveies Lasten *b*. Ved denne Vægtstang er fra *c* eller der, hvor Kraften er anbragt, til Hvilepunctet *a* Kraftens Arm, fra Hvilepunctet til Lasten Lastens Arm; Kraftvindingen findes ved denne Vægtstang, ligesom ved den toarmede Vægtstang, ved at dividere Lastens Arm i Kraftens Arm, eller Kraften findes ved følgende Regula-Detri Stykke:

Kraftens Arm — Last — Lastens Arm?

Svaret bliver: Kraften.

Utallige Exempler haves paa Anvendelsen af denne Vægtstang; saaledes er den faste Brødkniv, der dreier sig om en Navle, som er befæstet paa en Bænk, en saadan; to Karle, der bære en Byrde paa een eller flere Stænger, f. Ex. et Oltræe eller en Bærestoel kunne sammenlignes hermed, naar vi anse den ene af Dragerne, enten den forreste eller bageste, som Hvilepunctet og den anden som Kraften; er Lasten lige midt imellem begge Dragere, da have begge ligemeget at bære, men i andre Tilfælde vil den Mand, der er Byrden nærmest, være meest belæsset. Det Samme er Tilfældet med en firhjulet Vogn, og følgeligen, dersom Hjulene ere ligestore og Vognen paa en vandret Vei, da bør Lasten anbringes lige imellem Hjulene, da den saa trykker lige paa dem alle. En Dør

paa sine Hængsler og en Hjulbør ere andre Exempler paa Anvendelsen af denne Vægtstang.

Det andet Slags eenarmede Vægtstang eller **Kastevægtstangen**, hvor Kraften er imellem Hvilepunctet og Lasten, medfører ingen Kraftvinding, eftersom Lastens Arm her stedse er større end Kraftens, og saaledes tabes ved den stedse Kraft. Dersom i Fig. 28 Kraften og Lasten tænkes at bytte Plads, da vil denne Figur forestille en saadan Vægtstang; thi nu vil *b* blive den Kraft, som er anbragt imellem Hvilepunctet *a* og Lasten i *c*. Ville vi nu hæve Lasten i *c*, saa vilde i dette Punct behøves en Kraft, just ligesaa stor som Lasten, og, jo nærmere Kraften rykkes *a*, desto mere maa den forøges for at kunne opveie Lasten i *c*; altsaa tabes her stedse Kraft.

De almindeligste Exempler af Anvendelsen af Kastevægtstangen ere de sædvanlige Tænger, en lang Stige, der reises imod en Muur o. s. v. Dog det, der især giver den Vigtighed er, at alle Menneskers og Dyrs Legemer ere dannede i Overensstemmelse med den; her ere nemlig Benene Vægtstangen og Ledemodene Hvilepunctet. Musklerne, der give Lemmerne Bevægelse eller frembringe Kraften, ligge tæt ved og virke nær Ledemodene, medens Virkningen frembringes ved Enden af Lemmerne. Følgen heraf er, at, ihvorvel Musklerne nødvendigviis maae udøve stor Sammentrækningskraft for ved Endepuncterne at frembringe Virkning, vil dog derved paafølge i Bevægelsen en Hurtighed, som ved andre Midler ikke let kunde erholdes.

Vægtstænger kunde forenes enten i den Hensigt at forøge deres Kraft, eller forskaffe en større Bevægelse. Saaledes viser Fig. 29 en Sammensætning af toarmede Vægtstænger: den første Vægtstang *e* har Kraftens og Lastens Arm i Forholdet 2 til 1 og formindsker altsaa *f*'s Vægt til det Halve i Punctet *g*, *h* er en lignende Vægtstang, forbunden med *e* ved en Kjæde imellem Puncterne *g* og *i*, ved denne bliver den i *g* halverede Last atter halveret, og virker saaledes i *k* ikkun med $\frac{1}{4}$ af Vægten i *f*, *l* er en tredie Vægtstang, stillet og afdeelt som de forrige, hvorved Lasten i *k* atter bliver halveret, og bringes saaledes i *m* til $\frac{1}{8}$ af hvad, den var i *f*; en lig-

nende Forbindelse kunde fremdeles fortsættes, men omsider vilde Bevægelsen af *f* blive næsten umærkelig; thi endog blot i den bestrevne Forbindelse maatte *m* bevæge sig 8 Tommer, naar *f* bevægede sig een Tomme. Omvendt, dersom blot en gandske ringe Bevægelse meddeeltes *f*, vilde en, her aatte Gange forøget, meddeles *m*; derfor har man stundom anvendt en saadan Forbindelse, for at gjøre en ringe Bevægelse synlig, saasom ved **Vægtstangs-Pyrometret.** Pyrometer kaldes overhovedet en Indretning, der viser Størrelsen af den Udvidelse og Sammentrækning, som under forskjellige Varmegrader indfinde sig hos forskjellige Metaller og andre Materier, og dette Instrument er derfor saare vigtigt for at vælge de passende Materier og deres indbyrdes Forhold til compenserede Penduler og Uroer (Side 28). I Fig. 30 forestilles Vægtstangs-Pyrometret; *no* er den Metalstang, som skal prøves, og som bliver lagt imellem Skruen *p* og Vægtstangen *q*, hvis Hvilepunct er Navlen *r*, og fra denne Navle til der, hvor Stangen *no* ligger mod Vægtstangen, er just $\frac{1}{10}$ af Afstanden imellem *r* og den øverste Ende *s* af Vægtstangen. Denne Ende trykker imod den anden Vægtstang *tv* ogsaa i $\frac{1}{10}$ af dennes hele Længde fra Navlen *t*, og følgeligen, dersom Stangen *no* blot udvider sig eller sammentrækker sig $\frac{1}{100}$ af en Tomme, saa vil den bringe Enden *s* af den første Vægtstang til at bevæge sig $\frac{1}{10}$ af en Tomme, og dette vil atter bringe Enden *v* af den anden Vægtstang til at bevæge sig en heel Tomme henad den inddeelte Scala *rw*. Enhver Tiendedeel af en Tomme paa denne svarer saaledes til $\frac{1}{1000}$ Tomme af Stangen *no*, og saaledes angiver dette Instrument meget smaae Forandringer af *no*; men ved større Udvidelser er det ikke tjenligt, efterdi, naar Vægtstængerne bevæge sig, udstrækkes Delene imellem deres Hvilepuncter og Berøringspuncterne og ophøre saaledes at være Tiendedele af Vægtstængernes Længde. Endvidere er *x* en meget slap Fjeder, som tjener til at holde *tv* ind imod *s*, og *y* er en Spirituslampe for at ophede Stangen; ved nøiagtige Forsøg maa Luen ikke anbringes umiddelbart paa Stangen, da saa en ulige Udvidelse paafølger; men man lader den gaae igjennem en Kasse, fyldt med Vand, Olie eller en

anden Vædske, hvorved Varmen mere ligeligen fordeles; et lidet Qvikfølv-Thermometer, stillet i denne Kasse, angiver nu Vædskens og Stangens Varmegrad. Bedre og nøiagtigere ere de Pyrometre, hvorved man har anbragt et Hjulværk, da dette kan vise sig lige virksomt ved enhver Størrelse af Udvidelsen. Dog har det fortrinlige Pyrometer, hvorved Laplace og Lavoisier have bestemt Udvidelsen af forskjellige Metaller og andre Materier, en Indretning, som støtter sig paa en Formerelse i Bevægelsen ved Hjælp af Vægtstænger.

Ifølge de Efterretninger, som ere meddeelte af Lord Macartney, ere Chineserne saare vel bekjendte med de Fordele, som Forbindelsen af Vægtstænger forskaffer; de have en simpel og høist sindrig Maade, hvorpaa de fordele en svær Byrde imellem en Mængde Mennesker, som skulle bære samme; denne Maade er fremstillet i Plan eller seet ovenfra i Fig. 31. Byrden er afbildet i *a*, anbragt ligesom en Bærestoel imellem to stærke Stænger *b* og *c*; ved de fire ligelange Ender af disse ere fire Tværstykker, hvis Ender atter hvile paa Midten af aatte Bærestænger, som ere betegnede med *de*, enhver Ende af disse antage vi at bæres paa Skuldren af een Mand, saa at, ifølge Grundsætningen for Bærevægtstangen, Byrden er ligeligen fordeelt paa de 16 Mand, der ere ved Enderne *d* og *e*. Næsten samme Virkning frembringes ved den Maade, paa hvilken Forløber-Hestene almindeligen spændes for en fiirspændt Vogn ved Hjælp af Hammeltøiet: saaledes er, i Fig. 32, Hamlen *fg* fæstet med Midten *h* til Vognstangen, og Svinglerne *i* og *k* atter fæstede med deres Midte til *f* og *g*, ved Enderne af *i* og *k* ere atter Skaglerne hæftede, og følgeligen er Lasten ligeligen fordeelt imellem de to Heste, som trække i Svinglerne *i* og *k*. Er den ene Hest stærkere end den anden, da kan en forholdsmæssig Fordeling af Arbeide bringes tilveie ved at flytte Øsknet *h* fra Midten af *fg* og lade den svagere Hest trække ved den længere Arm.

Vægtstangen har hidindtil for større Simpelheds Skyld været beskreven som en lige, ubøielig Stang, paa hvis Arme Lasten og Kraften virke lodret; men, hvad enten den er lige eller kroget, stiv eller bøielig, med lodrette eller skjæve Kræfter,

ville Virkningerne blive de samme, naar vi blot henføre den Vægtstang, som er os givet, til en anden, paa hvis Arme Last og Kraft virke lodret. Vi ville saaledes antage, at vi have **Vinkelvægtstangen** *acb* (Fig. 33), hvis Arme ere *ac* og *cb*, og som ere betyngede med de to Lodder *l* og *k*, men som formedelst Tridserne *d* og *e* (der ligesom forhen Side 51 ene forandre Retningen, ei Vægten af *l* og *k*), virke lodret paa Vægtstangsarmene *ac* og *bc*. Vi indsee nu, at for denne Vinkelvægtstang gjælder nøiagtigen det Samme som for den lige Vægtstang, eller Alt, hvad der er sagt ovenfor om Fig. 15 i Almindelighed. Tænke vi os nemlig, at Vægtstangen bevægede sig om Hvilepunctet *c* blot gandske lidet, saa at den fik Stillingen *fcg*, saa indsee vi, at den Vei, som Lasten *l* har gjennemløbet, eller *af*, maa forholde sig til den, som Kraften *k* har gjennemløbet, eller *gb*, som *ac* til *cg* eller som Vægtstangsarmene, eftersom *af* og *gb* ere smaae Cirkelbuer, beskrevne med Radierne *ac* og *cg*. Men skulle Momenterne nu være ligestore, saa maa Lasten *l* være saa mange Gange større end Kraften *k*, som den Vei, Kraften gjennemløber, eller Kraftens Arm *cb*, er større end den Vei, Lasten gjennemløber, eller Lastens Arm *ac*. Hvis altsaa blot Last og Kraft virke begge lodret, saa indsee vi, at de samme Love for Ligevægt gjælde ved Vinkelvægtstangen, som forhen vistes ved den lige Vægtstang.

Virke to Kræfter *l* og *k* (Fig. 34) paa en lige Vægtstang *ab*, men efter de skraae Retninger *ad* og *be*, der bringes ligeledes tilveie ved Tridserne *d* og *e*, saa indsee vi, at det vilde være ligegyldigt, i hvilket Punct af *ad* og *be* Lodderne *l* og *k* virkede, forudsat, at blot Retningerne bleve de samme. Fælde vi altsaa fra Hvilepunctet de to lodrette Linier *cf* og *cg*, have vi, hvis vi forestille os at *l* og *k* virke fra Puncterne *f* og *g*, istedetfor den lige Vægtstang *ab*, Vinkelvægtstangen *fcg*, paa hvilken Kræfterne virke lodret. Vi have altsaa denne almindelige Regel for stjævtvirkende Kræfter, at vi danne eller tænke os dannet en Vægtstang ved at fælde fra Hvilepunctet lodrette Linier paa Kræfternes Retninger; og saa mange Gange som den saaledes fundne Kraftens Arm *cg* er

større end Lastens Arm *fc*, saa mange Gange skal Lasten ogsaa være større end Kraften, naar Ligevægt skal finde Sted.

Vinkelvægtstangen kan anvendes som Veieredskab. Tænke vi os, at den ligearmede Vinkelvægtstang *stv* Fig. 35, er betynget med de to ligestore Tyngder *s* og *v*, der virke lodret i Retningerne *sy* og *vz*, saa vil Ligevægt finde Sted, eftersom de to virkende Arme *at* og *tb*, som findes ved at fælde fra *t* de to lodrette Linier *at* og *tb* paa de forlængede Retninger *sy* og *vz*, ere ligestore. Men tænke vi os, at *stv* dreier sig om *t*, saa at den faaer Stillingen *ntp*, saa ere de virkende Arme *td* og *te*, altsaa maa Vægten *n* nu være saa mange Gange større end *p*, som *te* er større end *dt*. Betynge vi Armen *tv* stedse med samme Vægt, men hænge derimod forskjellig Vægt paa *st*, saa indsee vi, at den foranderlige Vægts Størrelse lader sig bestemme ved Stillingen af Vægtstangen, og at altsaa, hvis vi lade *tv* løbe henad en Cirkelbue, saa kunne vi ved dennes Inddelinger skrive den tilsvarende Størrelse af den Vægt, som er hængt paa *st*.

Den næste mechaniske Potens er

Spillet,

som bestaaer af to ligeløbende Hjul, Tridser, Valser eller Skiver, der have en fælleds Axel, saaledes som det vises i Fig. 36, hvor *ee* er den fælleds Axel, hvorom det Hele dreier sig, *f* er en Valse og *g* en større Skive paa samme, i dette Tilfælde kaldes *g* Hjulet og *f* Axlen, ihvorvel *ee* er den egentlige Omdreinings-Axel, og samme Benævnelser finde Sted, hvad Forhold end *f* staaer i til *g*, med mindre den bliver større end samme, da Benævnelserne saa blive omvendte. Spillet kaldes derfor ogsaa almindeligt, efter disse dets væsentlige Dele, **Hjulet paa sin Axel.** Under Brugen af Spillet anbringes Kraften paa Randen af Hjulet og Lasten paa Axlen, og den Fordeel, som vindes, er som Hjulets Tværlinie til Axlens. Hvis derfor et Toug eller en Snoer er rullet om *g* og en anden om *f* i modsat Retning, ville vi ved at sænke Vægten *h* afrulle Snoren, og herved dreie *g* og med denne *f*, hvilket vil bringe Lasten *i* til at stige; dersom *f* nu f. Ex.

har en Tværlinie halv saa stor som g's, da vil i hæves, hvis dens halve Vægt anbringes i h, men derhos vil h bevæge sig med en Hurtighed, dobbelt saa stor som i's, og fremdeles, hvis Hjulet g's Tværlinie antages at være 50 Gange saa stor som Axlen f's, vil Lasten paa f lade sig hæve med $\frac{1}{50}$ af den Kraft, som maatte anvendes, hvis ingen Maskine brugtes, men da vil den ogsaa ikkun hæve sig med $\frac{1}{50}$ af den Hurtighed, hvormed h bevæger sig. Have baade Hjulet og Axlen ligestore Tværlinier, da vindes aldeles ingen Kraft, men Hastigheden bliver da ogsaa den samme af Last og Kraft. Saaledes forholder stedse ved Spillet Kraft og Last sig som Hjulets Tværlinie til Axlens; men, da Forholdet af to Cirklers Tværlinier, er som Forholdet imellem deres Radier, saa kunne vi ogsaa sige, at Kraft og Last skulle forholde sig som eet hvilketsomhelst af disse Forholde.

Det er just ikke nødvendigt, at et Toug skulde være vundet om Hjulet g, det er ikke engang nødvendigt, at Hjulet virkeligt har Udseende af et Hjul; thi, hvis Valsen f ene fandtes, og en Vægtstang, en Bom eller en Haandspage blot var fastgjort eller stukken ind i f saaledes, at den yderste Ende af Stangen vilde beskrive Omkredsen af en Cirkel med samme Tværlinie som Hjulet g, saa vilde denne Cirkel træde istedetfor Hjulet g, og frembringe samme Kraftvinding; vi indsee saaledes, at **Gangspillet**, der bruges paa Skibsværfter, ombord paa Skibe, o. s. v. har baade Hjul og Axel, ihvorvel Hjulet synes ikke at være tilstede; men istedet for dette træder Bommen, og som dets Omkreds maae vi anse den Cirkel, hvori Mandskabet gaaer.

Een af de hyppigst forekommende Anvendelser af Spillet er, foruden den omtalte, **Kranen**, der bruges paa Skibsværfter og andre Steder, for at hæve store Byrder. Forhen dreves denne Kran i Almindelighed saaledes, at en Mand gik indvendigen i et stort Hjul, der paa samme Maade sattes i Bevægelse, som de runde Bure, der dreies af en Spurve, eller de Hjul, som Hunde i forrige Tider dreve for at vende Steg; men dette var ei blot en farlig, men tillige en uforfordelagtig Maade at anvende Kraften, og derfor har man

næsten aldeles forladt den. Den bedste Maade, paa hvilken Menneskekraft kan anvendes ved et opretstaaende Trædehjul, er at anbringe uden paa Hjulet Skovler eller Brædder, der staae som paa et almindeligt Vandhjul, og at lade eet eller flere Mennesker træde paa Brædderne, just paa det Punct, der ligger i Hjulets vandrette Tværlinie, ligesom om de vilde gaae opad en Stige; thi da anbringes Menneskets hele Vægt eller Kraft der, hvor den virker meest. Denne Anvendelse af Menneskekraft har David Hardie anvendt paa en i England hyppigt brugt Kran, som efter ham kaldes Hardies Kran, og det er ogsaa den Maade, hvorpaa Forbryderne i England i Almindelighed sættes i Arbeide i Fængslerne for at drive Trædemøllerne.

Grunden til den Regel, ifølge hvilken vi udregne Kraftvindingen ved ethvert Spil, vil blive indlysende ved Fig. 37, som egentligen er den samme som Fig. 36, men seet forfra. *g* forestiller det store Hjul, paa hvilket er anbragt Kraften *h*, og *f* det mindre Hjul eller Axlen med Lasten *i*; *e* er Tappen eller Midtpunctet, hvorom det Hele dreier sig. Den Kraft, der nu virker til at dreie Hjulet *g* om, maa ansees at virke paa Enden af Radien *el*, og den Last, der skal hæves, at være anbragt paa Enden af Axlens Radius *en*; hele Linien *len* bliver da at sammenligne med en toarmet Vægtstang, *e* er Hvilepunctet, *le* Kraftens Arm og *en* Lastens Arm. Saaledes lader Spillets Virkning sig overføre til Virkningen af den toarmede Vægtstang. Men i Udførelsen har Spillet betydeligt Fortrin for Vægtstangen; thi dennes Virkekraft er saare indskrænket, hvilket ikke er Tilfældet med Spillet; thi da Radierne forblive uforandrede, eftersom Hjulet og Axlen ere Cirkler, saa kunne vi tænke os en Række af indbildte Vægtstænger, som *len*, at følge paa hinanden, og saaledes, da Hjulet vedbliver at dreie sig, kan denne Maskines Virkning bestandigen fortsættes, eller vi kunne ved den hæve en Byrde til hvilkensomhelst Høide.

Af Spillet lader sig ogsaa forklare Virkningen af Hjul med Tænder, eller Hjul, som ere forbundne med Snore. Antage vi saaledes, at *f* Fig. 36, var forbunden med en Skive,

formedelst en Rem, der omgav begges Omkredse, saaledes som det er afbildet i Fig. 38, saa vilde et Punct af Omkredsen af *f* bevæge sig ligesaa hurtigt som et Punct af Omkredsen af *k* og det var altsaa ligegyldigt, enten vi hængte Lasten paa Axlen *f* eller paa Skiven *k* i *i*. Hvis altsaa Tværlinien af *g* var just dobbelt saa stor som *f*, bevægede Omkredsen af *f*, og altsaa ogsaa Omkredsen af *k*, sig kun med den halve Hurtighed som Omkredsen af *g*, altsaa kunde Lasten *i* ogsaa være dobbelt mod Kraften *h*. Det Samme vil da ogsaa være Tilfældet, hvis vi, som det forestilles i Fig. 39, forsynede *f* med Tænder eller saakaldte Kogger, som vi lode gribe ind i andre Tænder, der vare paa Omkredsen af *k*, da vilde Bevægelsen af *f* ogsaa meddeles *k*, eller et Punct af begges Omkredse dreie sig med lige Hurtighed; men altsaa vil *k* dreie sig om saamange Gange langsommere, som dets Tænders Antal indeholder Antallet af Tænderne i *f*, og den Kraft, hvormed altsaa dets Omkreds omdreies, er ligesaa mange Gange større end *h*, hvormed *g* omdreies. Har *f* f. Ex. 8 Tænder, men *k* 24, saa bevæger *f* sig tre Gange om, medens *k* bevæger sig een Gang om, og den Kraft, hvormed *k* omdreies, er 3 Gange større, end den, der fandt Sted i *h*. Det mindre Tandhjul *f* kalde vi i Almindelighed et **Drev**, det større derimod ligefrem **Hjul, Tandhjul** eller **Koggehjul**. Naar Tænderne ligge i Fladen af Hjulet, saaledes som Tilfældet er i Figuren, saa kaldes Hjulet et **Stjernehjul**, staae de derimod lodret paa Hjulets Flade, kaldes det et **Kamhjul**. Kamhjulet forandrer tillige Bevægelsens Retning fra vandret til lodret. Staae Tænderne skjævt paa Hjulfladen, da kan Hjulet ogsaa staae skjævt, medens Drevet enten er vandret eller lodret. Hvis Drevet bestaaer af to Skiver, der ere forbundne med Stokke, hvilke træde istedetfor Tænder, da kaldes Drevet et **Stokkedrev**, og, naar det er liggende, en **Trilling**. Antage vi Fig. 39, at, istedetfor at tænke os Lasten anbragt ved Omkredsen af *k*, den anbringes paa Axlen *l* saaledes som *i*, da virke *k* og *l* som et Spil, og altsaa saamange Gange som *k*'s Tværlinie er større end *l*'s saa mange Gange kan Lasten atter forøges; antage vi dette at være 4 Gange, saa kan *i* nu i Alt være 12

Gange større end *h*, men *i* vil ogsaa bevæge sig 12 Gange langsommere end *h*. Vi kunne nu ogsaa fremdeles forsyne *l* med Tænder, eller sætte istedet derfor et Drev, som vilde gribe ind i et Tandhjul og saaledes end eengang forøge Bevægelsen. Vi ville nu letteligen kunne udregne Kraftvindingen i hvilkensomhelst Forbindelse af Hjul og Drev, ved at multiplicere Kraften med alle Tandhjulenes Omkredse og dividere med Drevenes, eller, da Tændernes Antal staae i Forhold til Omkredsene, saa kunne vi multiplicere med Hjultændernes og dividere med Drevtændernes eller Drevstokkenes Antal. Vi ville f. Ex. antage, at vi havde 4 Drev og 4 Hjul, og, at det første Drev havde 20 Tænder, det andet 16, det tredie 10, det fjerde 8, det første Hjul havde 100 Tænder, det andet 80, det tredie 60, det fjerde 50, saa var Kraftvindingen 100 Gange 80 Gange 60 Gange 50, divideret med 20 Gange 16 Gange 10 Gange 8 eller 24000000 divideret med 25600 d. e. 937½; altsaa er Kraften paa Omkredsen af det sidste Hjul 937½ Gang større end den, hvormed det første Drev sættes i Bevægelse; var paa det sidste Hjul endnu anbragt en Axel, hvis Tværlinie var Fjerdeparten af Omkredsen, saa virkede dette som et Spil og altsaa blev Kraften forøget endnu 4 Gange eller Lasten blev 4 Gange 937½ d. e. 3750 Gange større end Kraften. Hvis vi skulle tage Tværlinierne i Regning, hvilke, da de staae i samme Forhold som Omkredsene, kunne sættes istedetfor disse eller istedetfor Tændernes Antal, maae vi tage Hensyn til de virkende Tværlinier, d. e. bestemme Hjulets Tværlinie hverken fra Tandspidse til den modstaaende Tandspidse, ei heller tage ene Skivens Tværlinie, men regne Tværlinierne fra det indgribende Punct af een Tand til det samme Punct af den lige modsatte Tand. Vi ville endvidere indsee, at, om vi ved een eller anden Hjulforbindelse skaffe en stor Kraftvinding tilveie, som f. Ex. den fundne 3750, bevæger Lasten sig igjennem et ligesaa mange Gange mindre Rum, end det, som Kraften gjennemløber, og vi erholde altsaa en ligesaa mange Gange formindsket Bevægelse. Af denne Grund er saa stor en Kraftvinding som oftest ikke anvendelig. Omvendt indsee vi, at vi ville være istand til ved at

opoffre Kraft at tilveiebringe en saare hurtig Bevægelse, saaledes som det forlanges i Uhrene, hvor Loddet eller Fjedrens langsomme Bevægelse skal forplantes til Ganghjulet, i hvilket hver Tand svarer til en dobbelt Svingning af Pendulet eller Uroen. Antage vi saaledes, at vi havde en Uroe, der svingede i en Time 16800 Gange og greb ind i et Ganghjul, som havde 14 Tænder, saa vilde det gaae 600 Gange om i een Time, eller 14400 Gange i een Dag; antage vi nu, at Fjederhuset bevægede sig 4 Gange om i en Dag eller 24 Timer, saa indsee vi, at Ganghjulet skal gives en 3600 Gange hurtigere Bevægelse end Fjederhuset, hvilket maa skee ved en Række Drev og Hjul.*)

Ogsaa kunne vi her passende forklare den Maade, paa hvilken Fjedren almindeligen virker i Lommeuhre. Fjedrens Kraft er ulige; er den opvunden, eller er Uhret optrukket, da virker den med større Magt, end naar den næsten aldeles har udfoldet sig. Lad Fig. 40 forestille Fjedren *o* indesluttet i Fjederhuset *qrq*, og heftet til samme i Punctet *r*, i Midten er Fjederstiften *p*, om hvilken Fjedren spændes ved at dreie Fjederhuset i Retningen af den vedtegnede Piil. Overlade vi nu Fjedren til Virkningen af dens Spændighed, vil den stræbe at dreie Fjederhuset i modsat Retning af Pilen, først med stor Kraft, siden med mindre. For nu at gjøre Virkningen lige, sætter man Fjederhuset *s* (Fig. 41) formedelst Kjæden i Forbindelse med Snekken *t*, som har en kegledannet Form, og lader nu den tyndeste Deel af Snekken svare til den største Virkning af Fjedren. I Begyndelsen trækker saaledes Kjæden, formedelst Fjedrens Udviden, paa den øverste Deel af Snekken eller paa den korte Vægtstangs-Arm *ab*; derimod virker Fjedren tilsidst paa den nederste Deel af Snekken, altsaa paa den længere Vægtstangs-Arm *cd*; saaledes

*) J. U. Jürgensens anførte Bog (Side 29) Cap. 5 og 6 ere fremsatte Regler for Hjulværk i Almindelighed, og Beregningen af dets Virkninger og tillige for Bestemmelsen af Hjulets Tværlinie og Tændernes rigtige Figur, hvilke ere anvendelige ei blot i Uhrmagerkunsten, men i Maskinlæren i Almindelighed. Ovenstaaende Exempler ere tagne af denne Bog.

bringes lige Momenter tilveie, eller med samme Kraft dreies Snekkehjulet x stedse rundt, og altsaa virker samme Kraft formedelst dette stedse paa Uhret.

Tridsen

er den følgende mechaniske Potens, og har en meget udstrakt Anvendelse. Man kalder i Almindelighed, under Brugen, Tridsen selv en Skive, det Huus, hvoraf den er omgiven, en Blok og Touget en Trosse. Ifølge det, som er blevet sagt om Spillet og om de mechaniske Potenser i Almindelighed, at hvad der vindes i Kraft, tabes i Tid, bliver det klart, at en enkelt Tridse, som Fig. 42, ikke giver nogen Kraftvinding. Thi hvis to lige Tyngder x og y ere heftede til de to Ender af en Snoer, der gaaer over Tridsen z, ville de virke paa de to Puncter a og c, der ere Endepuncterne af Radierne ab og bc, og Linien abc vil da blive at betragte som en toarmet Vægtstang med to ligestore Arme; x vil derfor i alle Tilfælde hæve sig ligesaa meget som y falder, og omvendt; derfor vindes ved denne Indretning eller ved den enkelte faste Tridse ingen Kraft. Men hvis vi, istedetfor at bruge Tridsen saaledes, som det er viist i Fig. 42, vende den om og lade den bevæge sig, som Fig. 43, opstaaer et aldeles andet Tilfælde; thi hænges nu en Vægt under Tridsen som d, saa vil denne stramme begge Touge e og f ligemeget, og virke ligesom paa en Bærevægtstang; heste vi nemlig Touget e til en Krog, er a Støttepunctet, b det Punct, hvori Lasten er anbragt, og Kraften er anbragt i Touget f, altsaa c Kraftens Punct; da nu Tværlinien ai er dobbelt saa stor som Radien ab, saa er Kraftens Arm dobbelt saa stor som Lastens, altsaa opstaaer en dobbelt Kraftvinding, og tillige vil f bevæge sig dobbelt imod d. Da det imidlertid som oftest er mere fordeelagtigt at trække nedad end opad, forener man i Udførelsen almindeligen begge Arter af Tridser. Den løse Tridse, Fig. 43, anvendes for at vinde Kraft, den faste Tridse for at forandre Retningen. Saaledes er i Fig. 44 Trossen af den løse Tridse hæftet i en Krog nedenunder den faste Tridse a, og dernæst er Trossen, efterat den er gaaen under den løse Trid-

se, atter skaaren ind i den øverste Blok eller kastet over den faste Tridse, saa at Kraften nu kan anbringes i x.

Hvis, istedetfor at anvende to Ophængnings-Touge, vi anvende tre, som Tilfældet er i Fig. 45, nemlig et Toug, bundet til Overdelen af Hylsteret af den løse Tridse i g, og dette blev kastet over den faste Tridse h, og dernæst gik under den løse Tridse i og tilsidst over den faste Tridse k, saa vil en tredobbelt Kraft vindes, thi hvert Toug strammes ligeligen af Lasten, og bærer $\frac{1}{3}$ af samme, altsaa vil det yderste Toug behøve som Kraft $\frac{1}{3}$ af Lasten, hvilken Kraft, formedelst den faste Tridse, bringes til at virke nedefter. Fremdeles bliver saaledes stedse ved denne Indretning Kraften ligesaa mange Gange forøget, som Antallet af Ophængnings-Tougene, og, havde f. Ex. en Tridseforbindelse 10 Touge, da vilde Kraftvindingen ogsaa være 10. Imidlertid maae vi i Udførelsen ikke vente denne Kraftvinding, som vi saaledes erholde ved Beregning, thi den store Rivning, der stedse er forbunden med Tridserne, Stivheden af Tougene og den Ulighed af Bevægelse, som de have, idet de gaae over de forskjellige Skiver af Blokkene, vil betydeligen formindske den udregnede Kraftvinding; og derfor anvender man næsten aldrig flere end 6 Touge, og altsaa Blokke hver med 3 Skiver. Desuden maae vi ogsaa fradrage Vægten af den løse Blok, der maa ansees at udgjøre en Deel af Byrden. Hvorledes Tougene i det Virkelige strammes ligeligen under Bevægelsen, ville vi allerede indsee ved en Betragtning af Fig. 45; trækkes f. Ex. Enden l 12 Tommer ned, vil Blokken gi kun hæves 4 Tommer, fordi den, idet den stiger, afgiver over Tridsen h en Deel af Touget o, der saaledes vil bidrage til at forlænge Touget n, og altsaa modsætte sig den Forkortning, det skal lide og lider ved at det trækkes i Forbindelse med Touget m og l. Paa Blokken gi virke altsaa to Bevægelser i forskjellige Retninger, hvorved denne saare let kastes til Siden, og Skiverne saaledes gnide mod Siderne af Blokhuset, og det med en stor Rivning, der ligesaavel som Lasten skal overvindes.

For at fjerne denne Ufuldkommenhed hos Tridsen, og især for at undgaae Side-Rivning, har man opfundet en

Tridse-Sats, paa hvilken Englænderen James White har erhvervet sig Patent, og som er fremstillet i Fig. 46. Enhver Blok, istedetfor at indeholde særskilte Skiver, bestaaer af en heel Række af Skiver, som ere dreiede udaf et eneste Stykke og aftage i Størrelse, saa at enhver Række, naar den sees forfra eller i Gjennemsnit, viser sig som ligesaamange Render, indskaarne i Overfladen af en meget flad Kegle; antage vi saaledes, at enhver Kegle indeholder 6 Render, saa vil 12 Touge kunne anbringes, som er Tilfældet i Figuren; men betragte vi nu alle disse Render som særskilte Skiver af lige Tværlinier, anbragte i sædvanlige Blokke, maa, da der ere 12 Touge, om den yderste Tridse foroven i Figuren gaae 12 Gange saa meget Toug, som Afstanden mellem begge Blokke tiltager eller aftager, over den anden Tridse foroven vil gaae mindre Toug, nemlig kuns 10 Gange saameget, som Afstanden imellem Blokkene aftager eller tiltager, thi fraregne vi de yderste Tridser foroven og forneden og de to yderste Touge, da ere Blokkene forbundne med 10 Touge; fremdeles over den tredie Tridse foroven kun 8 Gange saa meget Toug, som Afstanden imellem Blokkene aftager eller tiltager o. s. v. Derimod i den nederste Blok vil den Tridse, som modtager Touget *n*, der er fastgjort i Hylsteret af den øverste Blok, kun modtage just saameget Toug, som Afstanden imellem Blokkene aftager eller tiltager, altsaa kun $\frac{1}{12}$ af hvad Toug, der gaaer om den yderste Tridse i den øverste Blok; over den næste Tridse i den nederste Blok gaaer 3 Gange saameget Toug, som Afstanden imellem Blokkene forandres, over den følgende 5 Gange saameget o. s. v. Da nu Tridserne i det Virkelige ikke ere ligestore, men aftage som Tallene 12, 11, 10, 9, o. s. v., saaledes at den yderste Tridse i den øverste Blok, om hvilken gaaer 12 Gange saameget Toug, som Afstanden imellem Blokkene aftager eller tiltager, gjøres f. Ex. af en Tværlinie, stor 12 Linier, den yderste Tridse i den nederste Blok, om hvilken gaaer 11 Gange saameget Toug, 11 Linier, den følgende i den øverste Blok 10 Linier o. s. v. lige indtil den sidste i den nederste Blok, som kun faaer en Tværlinie af een Linie, saa indsee vi, at alle Skiver ville gaae lige hurtigt,

og altsaa alle de øvre kunne udarbeides af eet Stykke, alle de nedre af eet, eller de ville danne to kegledannede Blokke, lig de bestrevne, og altsaa kunne have fælleds Tapper, hvorom de dreie sig; saaledes vilde de fleste Ubegvemmeligheder ved Tridsen og al Rivning mod Siden undgaaes. I Udforelsen kunne Tridsernes Tværlinier ikke aldeles nøie aftage i det angivne Forhold, eftersom vi maae tage Hensyn til Tougenes Tykkelse, hvilken maa drages fra Tridsernes Tværlinier. Uden denne Rettelse vilde de mindre Tridser, som især bleve forsøgede ved Tougets Tykkelse, afstedkomme Ulæiligheder, hvilke, ligesom ogsaa, hvis Blokkene ikke vare udarbeidede med største Nøiagtighed, vilde frembringe større Mangler end dem, som sædvanlige Blokke ere underkastede. Garnett foreslog at fjerne den Rivning, der er forbunden med Tridsers Anvendelse, ved at sætte et Antal smaae Rivningshjul eller Ruller rundt om i Hullet af enhver Skive, saa at Midtertappen istedetfor at gaae igjennem et simpelt Hul eller en almindelig Bosning, vilde gaae mellem disse Rivningsruller. Man fandt imidlertid denne Indretning meget kostbar, tillige kom den let i Uorden, naar store Byrder skulde hæves, og derfor har man ingensinde gjort betydelig Anvendelse af den. Lieutenant Shuldham har antaget den kegledannede Skikkelse, som Whites Blokke have, men har anvendt Dobbeltkegler; derved har han kunnet bringe Trossen til at gaae ud fra Midten af Blokken, og saaledes har han undgaaet al Kasten til Siden; nemlig, da han bruger to Rækker af Touge, og der trækkes paa engang i to Ender, saa komme Tougene maaskee ved denne Indretning let i Vilderede.

Smeaton i den Efterretning, han har givet om Bygningen af det mærkelige Eddystones Fyrtaarn, beskriver et Slags Blokke, han der har brugt, og som er meget simpel og hensigtsmæssig. Hans Blokke have et ulige Antal Skiver og Trossen er saaledes indskaaren, at den kommer ud fra den mellemste Skive, istedetfor fra Siden, hvorved ogsaa Rivning mod Siderne undgaaes. Ved den Indretning, som den øverste Blok (Fig. 45) har, opnaaes det Samme; thi, da hver Tridse har sin Axel, kunne ogsaa alle Tougene ligge i een Flade;

men, er Tridsernes Antal noget stort, blive Blokkene, eftersom den ene Tridse staaer over den anden, meget lange, og altsaa kan Lasten ikke bringes nær Ophængningspunctet, eller ved denne Indretning kan Lasten ikkun høves lidet i Veiret.

Ved den Indretning af Tridser, der kaldes Løbetridser, vindes betydeligt i Kraft, men man formaaer ei heller derved at høve Tyngder til betydelige Høider. Den er fremstillet Fig. 47, hvor Vægten er anbragt ved en enkelt løs Tridse. Ifølge det, som er sagt (Side 63) vil Touget s strammes alene ved den halve Vægt af r, ved s er imidlertid anbragt en anden løs Tridse, som formindsker Vægten til $\frac{1}{4}$, en tredie Tridse bringer den til $\frac{1}{8}$. Kastes nu Touget u om den faste Tridse v, saa, medens Vægten r er 8 ℔, behøver Vægten ved x kun at være 1 ℔ eller $\frac{1}{8}$ af r. En anden fordeelagtig Tridseforbindelse er den, der er afbildet Fig. 48, hvor x og y ere to sædvanlige Blokke, men den øverste Blok, istedetfor at være fast, er hæftet til Enden af et Toug, som gaaer fra den anden Blok over den faste Tridse z. Trække vi nu i Touget u, ville Blokkene x og y nærme sig til hinanden i Forhold til det Antal Skiver de have; men, medens y stiger, synker x, og saaledes vil kun y høve sig halvt saameget som den ellers vilde; altsaa, da ifølge de almindelige mechaniske Love, hvad, der tabes i Hurtighed, atter vindes i Kraft, vil ved denne Indretning vindes en Kraft, dobbelt saa stor, som den, vi vilde have vundet ved at anvende Blokkene x og y paa sædvanlig Maade. En tredie Tridseforbindelse er afbildet i Fig. 49, hvor Byrden er ophængt i 3 Touge, og 3 Tridser ere bragte i Forbindelse; ogsaa denne vil være saare fordeelagtig: anseer vi først Tridserne som faste Tridser, saa ville vi antage, at paa c er hængt paa hver Side en Vægt f. Ex. af 1 ℔, c er da i Alt betynget med 2 ℔, og altsaa vil Touget d betynges med 2 ℔, og modsat kunne vi atter hænge 2 ℔, fremdeles vil b nu være i Alt betynget med 4 ℔ eller Touget e bære 4 ℔, altsaa maa paa den modsatte Side af Tridsen a kunne hænges 4 ℔; men samle vi alle de enkelte Vægter, 1 ℔, 2 ℔ og 4 ℔, som bæres af Tridserne a, b og c formedelst det ene Pund, som hænger i Touget f, i en eneste Vægt, da bli-

ver denne 7 ℔, som saaledes bæres af 1 ℔. Imidlertid kræver denne Indretning, ligesom Fig. 47, en høi og meget fast Opstilling.

Inden vi forlade Tridsen, maae vi endnu lægge Mærke til, at Tougenes Retning kan have en meget betydelig Indflydelse paa Kraftvindingen. Ved den faste Tridse er det aldeles ligegyldigt, om Tougene ere ligeløbende eller ei; thi den vil stedse kunne sammenlignes enten med en lige Vægtstang eller en Vinkelvægtstang med ligestore Arme, paa hvilke Kraft og Last virke lodret. Men anderledes forholder det sig med den løse Tridse; ere her (Fig. 50) Tougene *ae* og *cf* skjæve, istedetfor ligeløbende, som Tilfældet var Fig. 43, maae vi ogsaa sammenligne Tridsen med en Vinkelvægtstang *bac*, hvor *a* maa ansees som Hvilepunctet, *b* som Lastens Punct, og *c* som Kraftens; men Kraften og Lasten virke her begge skjævt, den første efter Retningen *cf* paa Armen *ac*, den anden efter Retningen *bd* paa Armen *ab*; for altsaa at finde de virkelige Arme for Last og Kraft, maae vi (Side 56) fælde lodrette Linier fra *a* paa Lastens og Kraftens Retninger, og saaledes bliver altsaa *ae* Lastens virkelige Arm og *ag* bliver Kraftens Arm, som findes ved at forlænge *cf*, og ned paa denne forlængede Linie fælde den lodrette Linie *ag*. Linien *ag* vil stedse være mindre end det Dobbelte af *ae*, naar Tougene ikke ere ligeløbende, og altsaa kun i dette Tilfælde er Kraftvindingen 2. Ere Tougene meget skjæve, da kan endog *ag* blive mindre end *ae*, og saaledes ingen Kraftvinding eller vel endogsaa et Tab af Kraft opstaae. Vi udlede heraf den Regel, at vi stedse maae stræbe at bringe Tougene ved den løse Tridse til at være muligst ligeløbende.

Skraaplanet

er den fjerde mechaniske Potens; det anvendes sjeldent til Sammensætning af Maskiner, men har sin egen Anvendelse, naar Byrder skulle hæves opad Skraaninger eller Bakker, f. Ex. naar vi rulle et Fad op af eller ned i en Kjelder ved Hjælp af et skraatliggende Brædt fra en Vogn, trække en Vogn opad en Bakke o. s. v., hvilket skeer med mindre Kraftanstrængelse,

end om samme Byrde skulde bevæges lige i Veiret. Kraftvindingen paa Skraaplanet er det Antal Gange, som dets Længde indeholder dets Høide. Dersom saaledes *ab*, Fig. 51, er et Plan, hældende imod det vandrette Plan *cb*, og Linien *ac* tænkes fældet fra Punctet *a* lodret paa *cb*, saa er denne Linie Skraaplanets Høide, og saa mange Gange, som *ac* indeholdes i Længden *ab*, saa stor vil Kraftvindingen blive paa Skraaplanet. I det fremsatte Exempel i Figuren er *ab* dobbelt saa stor som *ac*, og derfor vil Kuglen *d*, idet den løber nedad Skraaplanet, gjennemløbe en dobbelt saa stor Vei, som om den var falden efter Linien *ac*; men i det Virkelige er den kun kommen nedad fra *a* til den vandrette Linie *cb*. Da Kuglen nu nødes til at gaae den dobbelte Vei, kan dette kun skee med den halve Kraft, eller Kuglens halve Vægt føles ikkun paa Skraaplanet, og med en Kraft, lig denne halve Vægt, vil den kunne holdes oppe paa det. Vi kunne let afgjøre ved Forsøg Kraftvindingen paa Skraaplanet, idet vi lade, som i Fig. 52, en Snoer gaae fra en liden Vogn eller et andet let bevægeligt Legeme over en enkelt Tridse og hænge en Vægt *g* paa den anden Ende af Snoren. I Figuren er Skraaplanets Længde 6 Gange saa stor som dets Høide, og altsaa, dersom den lille Vognmodel veiede 6 ℔, vilde den holdes oppe paa Skraaplanet med 1 ℔, anbragt over Tridsen *e*, følgeligen, naar blot en liden Vægt endnu tilføiedes, vilde den endog trækkes opad Skraaningen. Kraften paa Skraaplaner eller Bakker vil paa Grund heraf findes ved en simpel Regula-Detri-Regel. Vi ønske f. Ex. at vide, hvad Kraft vil holde Ligevægt med 375 ℔ paa et Skraaplan, som har 6 Fods Høide og 15 Fods Længde. Vi sætte da op:

15 Fod — 375 ℔ — 6 Fod?

Sv. 150 ℔.

Eller 150 ℔'s Kraft er fornøden for at holde 375 ℔ paa et saadant Skraaplan. Spørge vi omvendt: hvilken Last kan holdes paa et saadant Skraaplan af 150 ℔'s Kraft? da staaer Stykket saaledes:

6 Fod — 150 ℔ — 15 Fod?

Sv. 375 ℔.

Af den geometriske Sætning, at i ligedannede Trekanter Siderne ere i samme indbyrdes Forhold, følger, at det er det Samme, hvor liden en Deel vi end tage af Skraaplanet, naar vi kun tage den tilsvarende Høide. Saaledes kunne vi i Fig. 51 gjerne have betragtet ene *ib* og Høiden *hi*; thi, er *ab* det Dobbelte af *ac*, da er *ib* ligeledes det Dobbelte af *ih*. Altsaa er det ligegyldigt, enten vi tage Hensyn til en stor eller liden Deel af Skraaplanet, forudsat blot, at Skraaningen overalt er den samme eller er et aldeles nøiagtigt Plan. Skraaningen eller den Hælding, Planet har imod den vandrette Grundflade, undersøges bedst ved Hjælp af det forhen omtalte Afveiningsredskab (Side 16).

De ovenstaaende Bemærkninger om Skraaplanet forudsætte, at dette er aldeles glat, og at Legemerne bevæge sig paa samme uden al Rivning eller Hindring; men dette er aldrig i Udførelsen, selv ikke hos de meest fuldendte Maskiner, Tilfældet. Følgeligen maa Noget stedse fradrages den udregnede Virkning, og, naar Vogne bevæge sig paa ujevne og sandede Veie, er dette Fradrag endogsaa betydeligt. Grunden, hvorfor Heste trække lettere, ved at gaae afvexlende til Høire og Venstre (i Zigzag), naar de skulle stige op ad en Bakke, ville vi indsee ved den foregaaende Beregning af Skraaplanet; thi, da deres Vei paa Bakken saaledes bliver længere, medens Høiden forbliver den samme, bliver Skraaplanet, opad hvilket de stige, i det Virkelige forlænget i Forhold til Høiden, og saaledes mere Kraft vunden.

Kilen

er den femte mechaniske Potens og lader sig, ligesom den forrige, kun lidet anvende til Sammensætning af Maskiner. Imidlertid er den et saare simpelt og virksomt Redskab, men tillige et, hvis Virksomhed, formedelst Rivningen, ikkun usikkert ved Forsøg lader sig bestemme. Bevægelsen af Kilen frembringes i Almindelighed ved Slaget af en Hammer eller en svær Mukkert, og den bruges saaledes til at kløve eller adsplitte store Blokke af Træe eller Steen. Kilens Skikkelse sees Fig. 53, den kan være meer eller mindre tilspidset; i Almindelig-

hed sammenlignes den med Skraaplanet, men vi maae lægge Mærke til, at Skraaplanet maa betragtes, som en retvinklet Trekant, saaledes er i Fig. 51 Vinkelen *aeb* en ret Vinkel; men Kilen derimod har ingen ret Vinkel, thi Ryggen *kl* danner ikke rette Vinkler mod nogen af Siderne, men den er retvinklet mod Midtlinien *nm*, og saaledes maa Kilen betragtes som to Skraaplaner, der vende Grundfladerne mod hinanden; nemlig *knm* er det ene Skraaplan, *lnm* det andet, og Linien *nm* forestiller den fælleds Grundflade; *opq* er en Træblok, hvori Kilen neddrives for at kløve den. Derfor beregnes ogsaa Kilens Kraft paa samme Maade som Skraaplanets; thi, saalænge Træet ikke er klovet, gjør det mod Kilens Side en lodret Modstand, der forholder sig til Kraften, som Længden af Skraaplanet til Høiden, eller som een af Kilens Sider *km* til dens halve Ryg *kn*. Men, naar Træet kløves, som almindeligen skeer ved Kilen, saa at Kløften naaer som i Figuren til *q*, saa maa Kraftvindingen regnes som Længden fra *k* til *q* eller *kq* til den halve Ryg *kn*; thi nu vil Kilen virke, som om den naaede heelt ned til *q*. Man har stræbt ved Forsøg at godtgjøre den Lov, som saaledes er bestemt, idet man har ladet en Kile *rst*, Fig. 54, glide ned imellem to Ruller *vu*, som let kunne skydes fra hinanden, men holdes sammen formedelst Lodderne *w* og *x*, der gaae over Tridserne *y* og *z*; imidlertid ville vi ogsaa ved dette Forsøg vanskeligen kunne fjerne Rivningsmodstanden, og dette har foranlediget, at forskjellige Forfattere have troet at finde en anden Lov bekræftet. Saameget ville vi dog stedse indsee, at jo smallere Kilens Ryg er i Forhold til dens Længde, desto lettere trænger den ind; og Rivningen kommer under Anvendelsen ofte ret vel tilpas, thi derved vil Kilen blive nede i den Aabning, den har gjort, selv efterat Slaget, der drev den ned, ophørte. Derfor bruges den ogsaa ofte for blot lidet at hæve saare svære Byrder, eller for at frembringe stort Tryk, f. Ex. løfte Skibe paa Land lidet op fra Bedingen, virke i Oliepresser o. s. v. Knive, Øxer, forskjellige Boer og flere Redskaber virke alle som Kiler.

Skruen

er den sjette og sidste mechaniske Potens; den giver stor Kraftvinding og har en saare udstrakt Anvendelse. Er en Skrue fri, saa at den kan bevæge sig i enhver Retning, kaldes den ligefrem en **Skrue**, men er den mod Enderne saaledes indstrænket, at den blot kan bevæge sig rundt, da kaldes den en **Skrue uden Ende**, i dette Tilfælde griber den almindeligen ind i Tænderne af et Stjernehjul og sætter enten dette i Bevægelse, eller bevæges af dette; Virkningen er imidlertid i begge disse Tilfælde den samme. Endskjøndt Skruen er een af de mechaniske Potenser, anvendes den dog sjeldent som et enkelt Redskab; thi den store Rivning, som stedse er forbunden med den, gjør, at den kræver oftest en Vægtstang for at dreies rundt. Kraftvindingen bestemmes ved at dividere Længden af en Skruegang rundt om, med Afstanden mellem to Skruegjænger. Grunden hertil er, at vi kunne betragte Skruen som et Skraaplan, der er rullet om en Valse, istedetfor at være lige udstrakt. Dette kunne vi see, ved at skjære et Stykke Papiir i Form af en meget spids retvinklet Trekant, ligesom Skraaplanet Fig. 52, og rulle det, som er skeet i Fig. 55, om en valseformet Stift. At tage een Skruegang rundt om er altsaa intet andet end at maale Længden af en Deel af Skraaplanet, hvis tilsvarende Høide er Afstanden imellem to Gjænger. Af Skraaplanets Egenskaber følger altsaa, at jo tættere Skruegjængerne ere i Forhold til Skruens Tykkelse, desto større er dens Kraftvinding, eller desto mere virker den. Den enkelte Skrue griber i Almindelighed ind i et Hul, der ligeledes har Skruegjænger, og som kaldes **Møttriken** eller **Inderskruen**.

Skruegjængerne ere tresidede eller firesidede; de Skruer, hvis Gjænger ere tresidede, kaldes i Almindelighed **skarpgjængede**, de andre **fladgjængede**; de skarpgjængede Skruer have mere Rivningsmodstand, men kunne ogsaa gives finere Gjænger end de fladgjængede. Undertiden gjør man Skruegjængerne for mere Styrkes Skyld risiede, og eftersom de ere to- eller trerisiede, kaldes Skruen dobbelt eller tredobbelt.

Næsten alle Pressер beroe paa Skruens Virkning, og Rivningen, som vel gjør en større Kraftanvendelse fornøden, viser sig her ligesom ved Kilen, saare tjenlig, da formedelst den, Skruen ikke gaaer tilbage, efterat Kraften, der dreiede den om, har ophørt at virke. Skruen uden Ende tjener til at meddele et Hjulværk en saare stadig og langsom Bevægelse; thi, medens Skruen bevæger sig eengang rundt, gaaer Hjulet blot een Tand fremad. Vi anvende Skruen ei blot for at erholde en betydelig Kraftvinding, men for at bringe smaae Bevægelser tilveie og at udmaale dem. Thi er en Skrue gjort godt og gaaer jevnt i Mottriken, saa kunne vi antage, at alle dens Gjænger staae ligelangt fra hinanden. Ere altsaa dens Gjænger saa fine, at de kun vanskeligen kunne sees, men vi vide, at Skruen ved at dreie sig f. Ex. 100 Gange rundt just har bevæget sig een Tomme, saa følger deraf, at Gjængerne netop ere $\frac{1}{100}$ Tomme fra hinanden, og sætte vi nu paa Skruen et Hoved med en cirkelrund Skive, som er deelt i 100 Dele, saa indsee vi, at vi ved at dreie Skruen blot een Deel fremad, ville angive $\frac{1}{10000}$ Tomme. Paa denne Maade er det, at **Skrue-Mikrometrene**, som ere anbragte ved astronomiske Kikkerter og tjene til at udmaale saare smaae Buer paa Himlen, ere indrettede, og en lignende Anvendelse gjøres af Skruen i **Sphærometret**, som tjener til at maale meget tynde Flader. Mange andre Instrumenter, der anvendes til meget fine Bevægelser og Udmaalninger, bevæges ligeledes ved en Skrue, og den berømte Ramsdenske Delemaskine, som først bidrog til at bringe de astronomiske Instrumenter til deres nærværende Fuldkommenhed, grunder sig paa en saare fiin Skrues nøiagtige og regelmæssige Bevægelse.

Spillet og Skruen tilstede ved aldeles simple Midler en næsten i det Uendelige gaaende Kraftvinding. Lad *ab* Fig. 56 være en Valse af lige Tykkelse heelt igjennem, og som har to Ender af et Toug vundne om sig i modsatte Retninger; midt paa Touget ville vi antage, at en Vægt hænger ved Tridsen *d*.

*) Sphærometret findes beskrevet i 2den Udg. af Hr. Prof. Ridder og O. M. Ørsteds Naturlære Side 151.

Dreie vi nu Valsen i den ene eller anden Retning, da vil deraf ingen Bevægelse paafølge for Vægten, thi ligesaa meget Toug som afvindes af den ene Ende, opvindes paa den anden; men, hvis Valsen sammensættes af to andre ulige Valser, saaledes som Figuren viser det, da vil Touget hurtigere afvindes eller opvindes af den tykkere Deel *a*, end det omvendt vil opvindes eller afvindes af den tyndere Valse *b*, og altsaa vil Tridsen *d* og Vægten, den bærer, synke eller stige, naar *ab* dreies rundt. Da den mindste Forskjel imellem Valsernes Tykkelse frembringer denne Virkning, saa ville vi indsee, at vi ved dette Middel kunne frembringe hvilkensomhelst nok saa ringe Hastighed, og følgeligen en hvilkensomhelst nok saa stor Kraftvinding.

Den Indretning af Skruen, som vi have antydet, er fremstillet i Fig. 57, *ee* er Bundpladen af en sædvanlig Presse, og *f* den bevægelige Deel eller Presseplanken, der drives ned paa sædvanlig Maade ved at Skruen *h* gaaer igjennem en Møttrik, der er skaaren i Overstykket *g* af Presserammen. Skruen *h* er boret hul og modtager i sin Hulhed en anden Skrue *i*, som er gjort saaledes fast i *f*, at den aldeles ikke kan dreie sig rundt. Vi indsee nu, at, hvis begge Skruers Gjænger ere lige vidt fra hinanden, saa vil Omdreiningen af *h* ved Vægtstangen foroven, aldeles ikke bringe nogen Forandring tilveie ved *f*, thi skrues *h* ned, da skrues derved *i* dybere ind; men hvis *h*'s Gjænger ere finere eller grovere end *i*'s, saa vil, naar *h* skrues ned, *f* enten loftes op eller sænkes, og, gjøre vi nu *i* i sine Gjænger blot gandske lidet finere eller grovere end *h*, vil *f*'s Bevægelse være saare ringe, og altsaa Kraftvindingen saare stor. Vi erholde saaledes en stor Virkning af Skruen, uden at dens Kraft svækkes ved altfor fine Gjænger.

Ihvorvel vi nu have Regler for Beregningen af den Fordeel, der vindes ved Brugen af de forskjellige mechaniske Potenser, er det dog ingenlunde fornødent, for at anslaae Kraftvindingen ved en eller anden sammensat Maskine at bruge

alle de Regler, som ere givne for enhver af hine særskilt. Thi, da ved alle samme Regel gjælder, at, hvad der vindes i Kraft, tabes i Tid, eller, at jo mere Kraft der vindes, desto langsommere skeer Bevægelsen, behøve vi blot at tage Hensyn til de to yderste Dele af Maskinen, nemlig den, hvor Kraften indgriber og den, paa hvilken Lasten er anbragt, og sammenligne disse uden at tage Hensyn til de mellemliggende, undtagen forsaavidt Rivningsmodstanden ved disse forsøges. Beregningen af en Maskines Kraft bliver saaledes i høi Grad forkortet og lettet. Hvis jeg saaledes f. Ex. har for at hæve svært Gods indrettet en Kran, der bestaaer af et Par Blokke med flere Touge, hvilke staae i Forbindelse med to eller tre Tandhjul og Drev, af hvilke det sidste dreies formedelst en Skrue uden Ende, som føres om af en Mand, der dreier en Svingel, har jeg her en Sammensætning af en Deel mechaniske Potenser, og Beregningen af disse, hver for sig, vilde være forbunden med nogen Uleilighed; thi først maae vi beregne Kraftvindingen af Blokkene, dernæst maa denne multipliceres med den Fordeel, som det første Tandhjul giver over Bommen, hvorom Touget er viklet, nemlig naar vi betragte begge Dele som et Spil, Bommen som Spillets Axel og Tandhjulet som dets Hjul. Denne Kraftvinding maa nu atter multipliceres med den Fordeel, Hjulene', formedelst deres Tænders Antal, have over Drevene, dernæst kommer Skruen, som sættes i Bevægelse af Svinglen, der kan ansees som en Vægtstang eller ogsaa som et Spil, hvilke Dele fremdeles maae tages i Regning. Men, istedetfor alt dette, sammenligne vi Bevægelsen af Svinglen umiddelbart med Lastens og erholde saaledes samme Facit af Regningen. Hvis den Cirkel, som Svinglen beskriver, har en Tværlinie af 3 Fod, saa er Cirklens Omkreds omtrent 9 Fod*) og altsaa vil ved

*) Et noiagtigere Forhold af Cirklens Tværlinie til dens Omkreds, end det, vi have anvendt, er 113:355, eller tænke vi os Tværlinien deelt i 113 Dele, da har Omkredsen 355 saadanne Dele. Forholdet 113:355 erindre vi let, da vi blot behøve at hensktive de første tre ulige Tal 1, 3, 5, hvert to Gange efter hinanden

enhver Omdreining Mandens Haand beskrive 9 Fod. Regne vi nu, hvormeget Lasten ved een Omdreining hæves, eller, for større Nøiagtigheds Skyld, tage Middeltallet af flere Omdreininger, og dividere denne Vei i den Vei, som Svinglen beskriver, saa er det, som vi saaledes finde, Maskinens Kraftvinding. Hæves Lasten saaledes ved hver Omdreining een Tomme, saa vil, da 9 Fod er 108 Tommer, Kraftvindingen være 108, eller vi ville være istand til med 1 ℔'s Kraft at hæve en Last af 108 ℔.

Denne Kraftvinding kaldes den theoretiske, efterdi ingen Maskine i Udførelsen er istand til at frembringe den fulde Virkning, som Regning giver, paa Grund saavel af Rivningen, som af mange andre Vanskeligheder, som alt Maskinerie er underkastet, saasom Tougenes Stivhed og Ufuldkommenheden af de enkelte Deles Udarbeidelse. Paa Grund heraf bliver det stedse nødvendigt, at gjøre et Afslag formedelst den Forskjel, der er imellem en Maskines theoretiske eller beregnede Virkning, og dens Virkning i Udførelsen, og dette Afslag er i Almindelighed endog $\frac{1}{3}$ af den beregnede Kraftvinding. Omstændighederne medføre dog heri en Forskjel, som ikke nøie lader sig beregne, men for det Meste ene lader sig afgjøre ved Forsøg.

Rivningen (Frictionen) tilskrives Ujevnheden af Overfladerne af de Legemer, som gnide mod hinanden; Ophøiningerne af det ene Legeme ville nemlig slutte i det andets Fordybninger og saaledes frembringe en Modstand for Bevægelsen. Erfaringen lærer, at poleret Staal eller Jern bevæger sig lettere paa glat Messing, end Staal paa Staal, Jern paa Jern, Messing paa Messing, og paa Grund heraf lader man Jern- eller Staaltappene i Maskiner i Almindelighed bevæge sig i Messing-Pander. I de bedste Lommeuhre eller Chronometre lader man Staaltapperne bevæge sig i udborede Rubiner eller imod Diamanter, hvorved Rivningen end mere formindskes. Grunden til at Rivningen saaledes ved forskjellige

---

og dele dette i to Dele; Forholdet er saa nøiagtigt, at vi kunne anvende det i enhver Regning.

Materier bliver formindsket, synes at ligge deri, at, da de smaae Ophøininger og Fordybninger hos forskjellige Materier, maae antages at være forskjellige, ville de ikke passe i hinanden. Hvis saaledes *k* og *l* Fig. 58, forestille to Stykker Jern af samme Slags, er det rimeligt at antage, at de Ujevnheder, der findes i det ene Stykkes Overflade, ligeledes maae findes hos det andet, og at de altsaa ville have samme Skikkelse; forsøger man derfor, at stryge *k* henad *l*, saa gribe Ujevnhederne i hinanden og foraarsage megen Rivning eller Modstand imod Bevægelsen. Beholde vi derimod eet af Jernstykkerne som *n*, Fig. 59, og en anden Materie saasom Messing eller Klokkemetal anbringes over samme, saa, hvis Uregelmæssighederne have en saadan Skikkelse, at de ikke gribe i hinanden, eller at dette skeer i en mindre Grad end forhen, vil Rivningen eller Hindringen imod Bevægelsen betydeligen formindskes. Olie og Fedt have den Beskaffenhed at formindske Rivningen ved Metaller, Sæbe og Blyant ved Træe, og denne Evne hos disse Materier hidrører sandsynligviis fra at de fylde Ujevnhederne, som foraarsagede Hindringen. At saadanne smaae Ujevnheder, som de omtalte, findes hos alle Overflader, kunne vi overbevise os om, ved at undersøge dem igjennem Forstørrelsesglasset; men stundom finder man, at selv de saare glatte Overflader medføre Ubeqvemmeligheder, da den altfor nære Berøring foranlediger, at Sammenhængs-Tiltrækningen begynder at virke.

Rivningen er to Slags, nemlig den **strygende**, som er den vi allerede have omtalt, og den **rullende**. En Vogn, der har den Indretning, at Hjulet kan spærres, kan passende oplyse begge Slags Rivning: er Hjulet spærret af Hemskoen, saa at det ikke kan dreie sig rundt, saa vil Vognen ikke kunne bevæge sig, uden at slæbe Kanten af Hjulet henad Veien, og saaledes frembringe den strygende Rivning; men, hvis Hjulet sættes i Frihed, vil enhver Deel af dets Omkreds Tid efter anden sættes i Berøring med Veien og den rullende Rivning opstaae. Ved let Maskinerie forandres ofte den strygende Rivning til en rullende ved Hjælp af Rivnings-Ruller og Rivnings-Hjul. Saaledes for at formindske ved Atwood's

Faldmaskine (Side 19) Rivningen af Tridsen, over hvilken Snoren gaaer, lader man Tridsens Axel ikke hvile i Pander, men imellem to Rivnings-Hjul. En lignende Indretning er fremstillet i Fig. 60; *o* er her en stor Tridse, som fører en Snoer med to Lodder, *p* er sammes Axel, denne Axel, som antages at være af Staal, ligger i den Huulning, som dannes af de to Messinghjul *q* og *r*, der dreie sig paa særskilte Axler i sine Pander; den anden Deel af Axlen *p* ligger paa to lignende Hjul. Bevæges nu den store Tridse i Retning af Pilen, saa vil den give de 4 smaae Hjul en Bevægelse i modsat Retning. Det maa nu vel synes, at, da her fire Axler træde istedetfor een, Rivningen betydeligen maa forøges, men vi kunne sammenligne et Hjul, der bevæger sig paa en Axel, og som altsaa er et Spil, med en toarmet Vægtstang, hvor Hjulets Radius er Kraftens, Axlens Radius Lastens Arm; ved altsaa at flytte Rivningen fra Hjulets Omkreds til dens Axel, formindskes den i samme Forhold, som Axlens Radius er mindre end Hjulets; og saaledes see vi, hvormeget det staaer i vor Magt ved let Maskinerie, hvor Axlerne kunne være tynde, at formindske Rivningen. Denne Indretning er den samme, som den Garnett og Shuldham have anbragt ved deres Blokke (Side 66).

Den strygende Rivning vil saaledes forgarsage stor Modstand for Legemernes Bevægelse, medens den rullende er ubetydelig paa jevne Veie, hvor ingen Hindringer opstaae, forudsat, at Hjulene eller Rivnings-Rullerne ere passende dannede for at lette Bevægelsen. En Valse vil formedelst sin Skikkelse bevæge sig lige fremad paa et Plan, medens en Kegle eller en afskaaren Deel af samme vil bevæge sig i en Cirkel. Dette angiver strax den mest passende Form af Hjul; imidlertid bruges sjeldent valseformede Hjul, men selv de Vogne, som skulle bære de største Byrder, ere bestandigen forsynede med kegleformede Hjul. Det er alligevel klart, at, naar en Kegle nødes til at gaae frem i en lige Linie, eller en Valse i en krum Linie, saa frembringes megen Rivning, og, hvor ellers en rullende Rivning vilde have fundet Sted, indtræder nu en strygende. Kegleformede Hjul have nemlig udvendigen og indvendigen

forskjellige Tværlinier. Foreskiller saaledes Fig. 61 en Vogn med saadanne Hjul, som svære Lastvogne i Almindelighed have, da er den indvendige Tværlinie *ss* større end den udvendige *rr*, og som Følge heraf kan den indvendige Kant unægteligen ikke bevæge sig saa hurtigt som den udvendige, undtagen at en strygende Rivning opstaaer, idet den indvendige Deel af Hjulet slæber noget fremad, medens den udvendige Deel holdes tilbage. Endnu tydeligere indsees dette ved at tænke sig Hjulet skaaret midt over efter Linien *xx*, hvor da den udvendige Deel vil bevæge sig hurtigere end den indvendige, naar Vognen ruller henad den lige Vei *vv*. Endvidere maa Vognaxlen krummes, for at bringe Hjulenes kegledannede Overflader i Berørelse med Veien, og saaledes bliver tillige Vognens Grundflade *uu* formindsket, og den altsaa selv mere udsat for Væltning. Idet Hjulene slæbes henad Veien ville de ogsaa bidrage til at knuse Stenene, hvormed Veien er opfyldt, til Støv. Saaledes er det omvendt, at de Møller, som bruges til at knuse Farvematerialier, have store og tunge Steenvalser, hvilke nødes til paa deres runde Overflader at bevæge sig i en meget liden Cirkel og virke altsaa ligesom en Kegle, der gaaer frem i en ret Linie. Fig. 62 er Tegningen af en Farvemølle; *ccc* er en Jernplade eller en Bundsteen, paa hvilken de Farvematerialier, som skulle knuses, blive lagte, *yyzz* er en valseformet Steen, som bringes til at gaae rundt om *e* ved en Hest eller en anden Kraft, der anbringes ved den anden Ende af Bommen *ed*. Yderfiden *yy* af Stenen vil nu beskrive Cirklen *bb*, og følgeligen ville alle Puncterne Tid efter anden komme i Berørelse med *bb*, medens den indre Side *zz* beskriver den langt mindre Cirkel *aa*; men, da nu *yy* og *zz* ere ligestore og dreie sig rundt i samme Tid, medens *aa* og *bb* ere høist ulige, saa følger deraf, at, istedetfor den rullende Rivning, maa en betydelig strygende Rivning opstaae og ved denne sønderslides og males Materialierne langt mere end ved Stenens Vægt. Dersom Stenen *yyzz* deles i flere tyndere Stene, saaledes som vi have betegnet det ved de prikkede Linier, ville vi finde, at enhver Steen bevæger sig med sin

egen Hurtighed, men tillige, at Møllen næsten aldeles har tabt sin Evne til at male.

Ifølge et stort Antal Forsøg, som ere anstillede, for at finde Rivningsmodstanden, synes denne at tiltage i et mindre Forhold end Vægten af det bevægede Legeme, med mindre Fladen, henad hvilken Legemet bevæger sig, ikke kan bære dets Vægt, da det saa synker ned i en Forbybning eller Rende, hvorved Rivningen betydeligen forøges.

Hvor fuldkomment end en Maskine er forfærdiget, vil der dog stedse ved den findes til en vis Grad en Rivning, som ikke kan undgaaes. Heraf følger, at den Kraft, der gives ved den ene Ende af en Maskine, aldrig uden noget Tab kan overføres til den anden, og man vil saaledes indsee, at en Maskine, der holdt sig selv i uafbrudt Bevægelse, eller et saakaldet perpetuum mobile, er umulig, fordi denne forudsatte, at en vis Kraft meddeeltes en Maskine og vedligeholdtes igjennem alle dens Dele, fra den første til den sidste, usvækket, paa det at den kunde atter give den første Deel af Maskinen et Stød, ligesaa stærkt som det oprindelige, da Bevægelsen ellers ikke kunde vedligeholdes. Men, efterdi der ikke kan frembringes nogen Virkning større end dens Aarsag; men tvertimod den først indgribende Kraft svækkes især ved Rivningen, Materiens Ligegyldighed o. s. v. idet den forplanter sig igjennem Maskinen, ville vi saaledes indsee, at den ikke kan fornye sig selv med en Kraft, lig sig selv eller den, hvormed den begyndte, og paa Grund heraf er altsaa et perpetuum mobile Noget, vi aldeles ikke kunne opnaae, efterdi enhver Maskine stedse kræver en Erstatning eller en Fornyelse af Kraft.

Ved første Øiekast kunde det synes, at Svinghjul og Fjedre maatte forøge en Maskines Kraft, eftersom en Mand vil kunne dreie en Maskine, der har et tungt Svinghjul, i længere Tid, end en ligedan Maskine uden dette, og Heste trække en svær Byrde, som hviler paa Fjedre, med mindre Møie, end en lige tung Vogn uden samme. Vist er det imidlertid, at de ikke have en saadan Virkning; thi rigtignok vil et Svinghjul i mange Tilfælde lette en Maskines Bevægelse, men det kan blot gjøre dette formedelst dets Moment eller Bevægekraft, og,

efterdi enhver Bevægelse kræver en Kraft for at frembringe den, og Virkningen aldrig kan overstige denne Kraft, saa formaaer Svinghjulet ingensinde at afgive mere Kraft, end det har erholdt. Den store Virkning, som Svinghjul have, maa altsaa udledes deraf, at de modtage Kraft i et Øieblik og gjengive den i et andet, naar den maaskee just behøves; bevæger saaledes en Mand en Maskine ved Hjælp af en Svingel, der naaer omtrent til hans Brysthøide, da vil den Styrke, hvormed han virker til at omdreie samme, være høist ulige. Bevæger han den fra neden opad og fra sig, da maa han anstrænge sig langt mere, end naar han bevæger den fra oven nedad og mod sig. I den sidste Stilling vil han derfor maaskee være istand til at frembringe en langt større Kraft, end den, Maskinen kræver, medens den i første Tilfælde knap vil være tilstrækkelig; men, har nu Maskinen et Svinghjul, vil den overflødige Kraft ikke være bortkastet, men give Svinghjulet et vist Moment, som vil tjene som en Hjælper for Manden i første Tilfælde. Arbeidet vil paa Grund heraf blive mere jevnt og regelret, og altsaa foraarsage langt mindre Anstrængelse, end ellers. Et Svinghjul maa derfor ikke betragtes anderledes end som et Oplagssted eller Gjemme for overflødig Kraft, hvilken siden formedelst Hjulets Ligegyldighed meddeles Maskinen, saa at dens Bevægelse bliver jevn og lige. Saaledes bliver Svinghjulet af stor Brug og Vigtighed ved Dampmaskinen, naar en regelmæssig omdreiende Bevægelse skal bringes tilveie; thi Maskinen er virksom blot, naar Stæmplet gaaer op eller ned, derimod ikke, naar det gaaer over fra den ene Bevægelse til den anden; men anvende vi et Svinghjul, da vedligeholder dette ved det Moment, det har erhvervet sig, idet Stæmplet trykkedes op og ned, Bevægelsen af Maskineriet i den korte Tid, i hvilken Kraften ophører.

En Fjeder, som den, der f. Ex. anvendes til at frembringe Bevægelse i Taffel- eller Lommeuhre, kræver en vis Kraft for at trækkes op, eller bøies, saa at den kan virke, og ingensinde kan den meddele mere Kraft end den, som den har modtaget. Grunden, hvorfor Vogne paa Fjedre bevæge sig lettere end de, der ingen have, er, at Hjulene derved i visse

Maader adskilles fra Vognkassen eller Lasten, og følgeligen vil Læssets Ligegyldighed hindre det fra at deeltage i alle de Bevægelser, som Veiens Ujevnheder foraarsage. Hjulene af en Vogn maae synke ned i alle Veiens Huller og hæves over Stene eller Forhøininger paa samme, og saaledes gaaer en Deel af Hestenes Styrke, idet de tillige trække fremad, tilspilde ved denne Bevægelse op og ned. Men, dersom der ere Fjedre imellem Hjulene og Læsset, saa kunne hine Hjulenes lodrette Bevægelser ene igjennem disse blive dette meddeelte; og, efterdi en tung Masse formedelst dens Ligegyldighed ikkun seent modtager Bevægelse, saa vil den største Deel af Bevægelserne, da Fjedrene bøie sig, ingensinde blive aldeles meddeelt Læsset, og Hindringen for den lige fremskridende Bevægelse vil saaledes meget formindskes.

Femte Afsnit.

Lufttrykkære

eller

om Luftens mechaniske Egenskaber.

Jorden, som vi beboe, er aldeles indhyllet eller omgiven af en tynd, gjennemsigtig og usynlig flydende Materie, som kaldes Luft, og hvis mechaniske Egenskaber betragtes i den Deel af Mechaniken, der kaldes **Lufttrykkære** (Pneumatik). Luften tillige med de forskjellige Gasarter, Dampe og Uddunstninger, som ideligen opstige deri, kaldes med et fælleds Navn **Dunstkredsen** (Atmosphæren). Dunstkredsen eller den atmosphæriske Luft er følgeligen af en saare blandet Natur. Naar den er reen, befindes den ved chemiske Undersøgelser at bestaae af to bestandigen spændige Gasse eller Luftarter, **Qvælluft** og **Ildluft** i Forhold af 79 Dele i Maal af den første og 21 Dele af den sidste, eller i Vægt 77 og 23 Dele.

Luft, skjøndt usynlig, har dog alle Materiens almindelige Egenskaber, eller er materiel (Side 3); thi den er rumopfyldende, tiltrækker, bliver tiltrukken og har følgeligen Vægt. Den har fremdeles et flydende Legemes Egenskaber, eftersom den retter sig efter det Kar, hvori den indeholdes, og den trykker ligeligen imod alle dets Sider, saa at den ogsaa saaledes viser sig som materiel; men tillige er den i høi Grad sammentrykkelig og spændig: Egenskaber, der ere fælleds for alle Luftarter, Dampe og Dunster, medens de mere synlige og følelige flydende Legemer, saasom Qvikselv, Vand, Olie, Spiritus o. s. v., kun i en meget ringe Grad, ja endogsaa næsten aldeles ikke lade sig sammentrykke. Vi indsee, at disse sidste ere,

hvilket allerede er bemærket (Side 11), væsentligen forskjellige fra de første og saae desaarsag ogsaa den særegne Benævnelse Vædsker.

De forskjellige Luftarter eller Gasse kaldes bestandigen sammentrykkelige, eftersom de under alle Forandringer, som kunne foretages med dem, beholde deres Særkjender, Flydenhed og Sammentrykkelighed, og ikke kunne bringes til at fryse eller til at blive faste. Med Dampe og Dunster forholder det sig derimod anderledes, thi de opstaae af Vædsker, ved Hjælp af Heden, og ere i høi Grad sammentrykkelige, saa længe de forblive i deres Dampform; men, naar de afkjøles, vende de tilbage til deres oprindelige Skikkelse og blive Vædsker eller usammentrykkelige; saaledes skjelne Dampe sig væsentligen fra Luft, som forbliver bestandigen i sin sammentrykkelige og spændige Tilstand. Vand frembyder et meget godt Exempel, thi selv er det usammentrykkeligt (see Vandtryklæren), men dets Dampe ere derimod i høi Grad sammentrykkelige og have stor Spændkraft; dog saasnart Dampene afkjøles, vende de strax tilbage til deres forrige Tilstand, som Vand, og antage følgeligen atter alle Vandets Særkjender. Efterdi Luft er vægtig, og enhver Ting paa Jorden er omgiven og indhyllet deraf, saa følger, at alle Ting lide Tryk af den; ja endog, at den trykkes af sig selv, og saaledes, da Luften er spændig eller giver efter for Tryk, vil den lavere Deel af Luften være sammentrykt af den øvre og følgeligen være tættere end denne. Antag f. Ex. at hele Atmosphærens Høide var deelt i 100 Dele, og at enhver af disse veiede een Untse, eller var lige med det Tryk, en saadan Vægt udøvede, saa indsee vi, at Jordens Overflade trykkedes af en Vægt af 100 Untser, det nederste Lag af 99, det følgende af 98 o. s. v., indtil det næstøverste, som ikkun trykkedes af Vægten af det øverste Lag eller een Untse.

Spændige Legemer af enhver Art udvide sig eller sammentrykkes til de komme i Ligevægt med den Kraft, der virker paa dem. Dette oplyses godt ved Fjeder-Bismeren, som er fremstillet Fig. 62, hvor *ab* er en Fjeder, hvis ene Ende *a* er skruet fast til Stagen *c*, og som med den anden Ende løber

hen over den inddeelte Gradebue *d*. Er Skaalen *e* tom, da vil *b* staae øverst paa Buen; men lægges der en Vægt i Skaalen, saa faaer *ab* en saadan Stilling som den, der i Figuren er angivet med Prikker. Den saaledes paalagte Vægts Størrelse skrives nu paa Buen *d*.

Paa samme Maade skeer det med Luften, eftersom den er af en spændig Natur, og følgeligen giver efter for enhver Kraft, hvormed den bliver trykket, indtil dens Spændkraft kommer i Ligevægt med denne Kraft; det er paa Grund heraf, at vi ikke mærke Luftens Tryk, thi, ihvorvel et voxent Menneskes Legeme i Luftens sædvanlige Tilstand bærer et Lufttryk af over 30000 ℔, saa vil dog Luften indvendigen i Legemet med sin Spændkraft opveie eller modvirke Trykket udenfra; Spændigheden eller Trykket af Luften vil saaledes i alle Tilfælde holde den i indbyrdes Ligevægt, undtagen naar Forbindelsen afbrydes og den naturlige Ligevægt tilintetgjøres ved een eller anden den forstyrrende Aarsag.

Luftpumpen er det Instrument, som almindeligen anvendes for at hæve denne Ligevægt af Luften; thi ved Hjælp af denne Maskine kan Luften uddrages af det Indre af Kar, som ere satte paa dens Tallerken, og da vise sig strax Virkningerne af den udvendige og uforstyrrede Luft. — Hvis vi saaledes have en liden Glasklokke, men som dog er aaben baade foroven og forneden, sætte den paa Tallerkenen af Luftpumpen og nu dække Aabningen foroven med den flade Haand, saaledes at Intet af den ydre Luft kan trænge ind i Klokken, saa vil, saasnart vi gjøre blot faa Slag med Pumpen, Haanden strax med Magt holdes fast til Klokken og kan ikke uden Anstrængelse drages bort. Thi, da nu Luften inde i Klokken er bleven fortyndet eller dens Masse formindsket, saa vil den ydre Luft erholde Overvægten og trykke Haanden ned, medens den Luft, der er inden for Huden paa Haanden, vil bringe den til at opsvulme og foraarsage en stor Vable, som gaaer ned i Klokken. Dette er et aldeles beslægtet Forsøg med det forhen omtalte (Side 5) hvor vi nemlig bringe en Blære til at sprænges ved at binde den over en aaben Klokke; thi saasnart som Luften indvendigen fortyndes, vil Vægten af den

ydre Luft og dennes Spændighed formaae at sprænge det udspilede Stykke Blære og give et stort Knald mod Tallerkenen.

Dette viser Nødvendigheden af at have alle Glasklokker, der bruges til Luftpumpen halvkugleformede eller runde foroven, saaledes, at de kunne stille deres Kuppel eller runde Skikkelse imod den ydre Luft; alle disse Glas erholde det fælleds Navn Recipienter eller Klokker. Dersom en Klokke, der foroven har en rund Aabning, hvis Tværlinie omtrent er 6 Tommer, bedækkes med en tynd Glasflade istedetfor med Blæren, da vil Trykket af den ydre Luft ogsaa knuse den. Dette Forsøg er imidlertid farligt, eftersom Glasstumperne flyve om; af samme Grund bør vi ogsaa vogte os for at ituslaae Glasklokker, naar Luften er udpumpet af dem.

At det er Spændigheden af Luften, der bringer den til at udvide sig, naar det ydre Tryk ophører, vises ret passende ved følgende Forsøg. Tag en Blære, enten med eller uden en Hane, som kan tilslutte den, tryk næsten aldeles Luften ud af den, luk den derpaa til med Hanen eller bind den til med en stærk Traad, læg den saa under Luftklokken og udpump Luften. Blæren vil i Begyndelsen være sammentrykt og synes tom, eftersom den ydre Luft staaer i nøiagtig Ligevægt med den lille Deel af Luft, som endnu er tilbage i Blæren; men, hvis vi begynde at pumpe, ophører Trykket af Luften udenfor Blæren, og den i Blæren indesluttede Luft vil nu udøve sin Spændighed og oppuste Blæren; og, naar Luften er vel udpumpet, da vil Blæren være aldeles oppustet, ja endog undertiden sprænges, men, hvis inden dette skeer, Luftpumpens Bevægelse standses, og Luften atter ledes ind under Klokken ved Hanen, som i denne Hensigt er anbragt paa Pumpen, saa skrumpes atter Blæren ind til sin oprindelige Skikkelse, og vi indsee saaledes, at det er ingen ny indsluppen Luft, der har oppustet Blæren, men, at det er ene Spændigheden af den Luft, som fra Forstningen indeholdtes i samme, hvilken frembragte hiin Virkning. — Dette Forsøg forandres undertiden, idet man indeslutter Blæren i et Hylster og betynger dette med Lodder, hvor da den indre

Luft ei blot opspiler Blæren, men ogsaa hæver de Lodder, hvormed Hylsteret var betynget.

Dersom en liden Deel brydes af Skallen af et Æg i dets spidse Ende, og Ægget da lægges under en Klokke, som udpumpes, saa vil den Luftboble, som findes i den tykke Ende af Ægget, ligeledes udvide sig, og, idet den gjør dette, vil den drive Hviden og Blommen udaf det lille Hul paa Ægget. Et visnet Æble, naar det behandles paa en lignende Maade, vil udvide sig og synes aldeles friskt, forudsat, at dets Skal er heel. En liden Fontaine eller et Vandspring kan frembringes ved at fylde en Glaskugle halv fuld med Vand og skrue et Rør ind i samme, saaledes at Rørets nederste Ende naaer næsten til Bunden af Kuglen. Sætte vi denne Indretning, som kaldes **Heronskuglen**, under Luftpumpen, saa vil Luften i Kuglen udvide sig, og, idet den trykker mod Overfladen af Vandet, vil den drive det op i Røret og saaledes, hvis dets frie Ende kun har en liden Aabning, frembringe en Vandstraale.

Efterat det saaledes er godtgjort, at Luft er af en spændig Natur eller kan udvide sig, naar det Tryk, som fængsler den, ophører, saa vil man uden Vanskelighed forstaae Indretningen og Virkningen af Luftpumpen. Denne bestaaer af en flad Messing-Plade, **Tallerkenen**, hvorpaa de Klokker, som skulle udpumpes, blive satte; i Midten af Tallerkenen er et Hul med en Inderskrue, som tjener til at fæste forskjellige Apparater til Tallerkenen; dette Hul staaer formedelst et lufttæt Rør i Forbindelse med Støvlerne, hvorved det lufttomme Rum frembringes. Indretningen af Pumpen er aldeles lig den sædvanlige Vandpumpes, undtagen at den naturligviis maa være langt bedre forfærdiget. Den bestaaer af en Støvle eller et Rør, som meget nøiagtigen er udboret, hvori et Stæmpel eller en Skoe af Metal, overtrukken med Læder, kan bevæge sig aldeles lufttæt op og ned enten ved Haanden eller ved en tandet Stang og et Drev, der dreies rundt ved en Svingel. Dette bevægelige Stæmpel er gjennemboret, og Hullet er dækket med en Spærklap eller en Ventil, som kun kan aabne sig opad, og som derfor tillader Luften at gaae igjennem alene i

samme Retning, men ei tilbage. Bunden af Støvlen, som er aldeles tæt, er forsynet med en lignende Spærklap, der gaaer ind i Støvlen og dækker det Hul, hvormed Røret fra Tallerkenen staaer i Forbindelse med Støvlen. Nu er det klart, at, da hele Apparatet er lufttæt, maa, naar Stæmplet drages opad, en Deel af Luften i Klokken træde igjennem Bundklappen op i Støvlen, og, da Bundklappen ene kan aabne sig indad i Støvlen, maa denne Luft, naar Stæmplet drives ned, slippe igjennem Stæmplets Spærklap udaf Støvlen forover; altsaa ved fremdeles at drive Stæmplet op og ned vil næsten al den Luft, som var i Klokken, bortskaffes eller udpumpes. Luften kan atter ledes ind i Klokken ved, naar Forsøget er til Ende, at indlade den ydre Luft igjennem en Hane eller et Hul, lukket med en Skrue.

Alle Glas eller Klokker, der bruges til Forsøg, maae aldeles nøiagtigen slibes lige forneden, saa at de kunne passe til Pumpetallerkenen; tillige for at gjøre Forbindelsen aldeles lufttæt kan man lægge Læder, opblødt i Vand eller Olie, imellem Klokken og Tallerkenen; paa samme Maade maae ogsaa alle Aabninger i Apparatet dækkes. Men til nøiagtige Forsøg indsmøres desuden hensigtsmæssigt Randen af Klokken og Tallerkenen med Pomade eller Fedt.

For at bevirke en hurtigere Udpumpen have de fleste Luftpumper to Støvler; Maskinen kaldes da den dobbeltstøvlede Luftpumpe, og den har adskillige Fortrin fremfor den enkeltstøvlede. Dette Redskab har modtaget mange Forbedringer, som ikke her kunne beskrives. Den Indretning, som **Cuthbertson** har givet Luftpumpen, har det Fortrin, at ved Maskinens egen Virksomhed aabnes Spærklapperne og saaledes erholdes et fuldkomnere lufttomt Rum. Samme Fortrin, forbundet med flere andre, har **Fortins** Luftpumpe, som omstændeligen er beskreven i **Ørsteds** Physik 2den Udg. Side 358. Luftpumpe-Proveren, hvorved Luftens Fortynding sees, vil i det Følgende blive beskreven.

Det er blot ved at tilintetgjøre den bestandige Ligevægt i Naturen, at vi kunne opdage mange af dens Virkninger. Saaledes ville vi ikke mærke Vægten eller Spændigheden af

Luften, uden ved Hjælp af Luftpumpen eller et lignende Instrument, hvorved den naturlige Ligevægt forstyrres; og, naar dette er skeet, finde vi, at næsten ved Sammensætningen af enhver Substants er Luft tilstede og ligger skjult i Mellemrummene, indtil det udvendige Tryk formindskes, og Spændigheden faaer Leilighed til at vise sig, da den indesluttede Luft saa opsvulmer og bliver synlig. Saaledes findes Luft indesluttet i Vand og i alle andre Vædsker ligesaavel som i de fleste faste Legemer.

Dersom et Glas med reent Vand, hvori ikke sees en eneste Luftboble, stilles under Klokken, og Luften udpumpes, vil Vandet strax vise sig fyldt med Bobler, som blive stedse større og større og hæve sig op til Overfladen; men, saasnart Luften indlades under Klokken, trykkes de alle sammen og forsvinde. Hidtil har Luftens Vægt kun vist sig af dens Virkninger, men vi kunne ogsaa ligefrem godtgjøre den paa følgende Maade. Vi tage en Flaske, som nøiagtigen rummer een Pot, og i hvis Hals er indkittet en aldeles tætsluttende Messingprop, som dog lader sig aabne ved en Hane, og tillige kan skrues paa Luftpumpen. Stille vi Flasken, fyldt med Luft, nu paa een af Skaalerne af en fiin Vægt; opveie den med Lodder paa den anden Vægtskaal, og dernæst udpumpe Luften af Flasken saa nøiagtigt som muligt, saa maae vi, hvis vi atter sætte Flasken paa Vægtskaalen, lægge henimod 20 Gran Apothekervægt til, for atter at skaffe Ligevægt. Saaledes indsee vi, at een Pot Luft veier omtrent 20 Gran. Dette Forsøg er imidlertid ikke aldeles nøiagtigt, efterdi ved Luftpumpen intet aldeles tomt Rum kan bringes tilveie, og desuden den ydre Lufts ulige Beskaffenhed frembringer Uligheder. Saaledes vil i Almindelighed Luften findes lettere end dens virkelige Vægt. Ifølge meget nøiagtige Forsøg af Biot og Arago i Paris, har man fundet Vægten af Luften, under Atmosphærens Middeltilstand eller 28 Tommers Barometerhøide og med 0 Graders Varme, at være $\frac{1}{773}$ af Vandets Vægt, og een Cubikfod Luft saaledes at veie 2 Lod 2 Qvint. 1 Ort Handelsvægt.

Efterdi Luft besidder en bestemt Vægt, vil det ikke forundre os, at den er istand til at frembringe Tryk og at holde Klokken fast til Pumpetallerkenen, naar Luften udpumpes. Men, da Luften er et flydende Legeme, der med sin Spændighed virker i enhver Retning, kunne vi ikke antage, at dens Kraft ene virker lodret nedad. Dersom saaledes en Klokke bliver stillet paa en liden Tallerken med en Spærhane forneden, saa kan Klokken udpumpes, og Spærhanen derpaa sluttes, og dernæst Tallerkenen med Klokken aldeles skrues fra Luftpumpen; da nu, indenfor Klokken, findes et lufttomt Rum, vil Tallerkenen, hvorledes Klokken end vendes, holdes fast til samme, og stilles ikke før derfra, førend Luft indlades i Klokken, og denne saaledes modvirker den ydre Lufts Tryk.

Denne Virkning oplyses paa en ziirlig Maade ved de **magdeburgske Halvkugler**, der have deres Navn af Staden Magdeburg, hvor dette Forsøg først er anstillet. De bestaae i to Halvkugler eller Kupler af Messing, af hvilke hver har en stærk Hank for ved den at anbringe Haandkraft eller en anden Kraft for at drage dem fra hinanden. Halvkuglerne passe i hinanden ved en tætsluttende Rand, som gjøres aldeles lufttæt ved at smøre den med noget Fedt. Den ene Hank afskrues, og Halvkuglerne, sluttede til hinanden, udpumpes; nu afsluttes det lufttomme Rum med en Spærhane, og den afskruede Hank paasættes atter. Have nu Halvkuglerne en Tværlinie af 5 til 6 Tommer, da vil der høre stor Kraft til at stille dem ad; thi paa hver Qvadrattomme af Kuglens Overflade trykker Luften med en Vægt af 13½ ℔, altsaa, hvis Kuglens Overflade blot var 100 Qvadrattommer, saa var hele Trykket over 1300 ℔, og saa stor en Kraft maatte anvendes for at stille Halvkuglerne fra hinanden. Man kan let undersøge, med hvilken Kraft Halvkuglerne hænge sammen, ved at hæfte den nederste i Gulvet, derpaa i den øverstes Hank fastgjøre en Bismer, og saaledes tilveiebringe en Vægt, tilstrækkelig til at stille Halvkuglerne. At de ikke holdes sammen ved anden Kraft end Trykket af Luften, kunne vi indsee ved at ophænge dem under en Luftklokke og da udpumpe Luften af denne; Halvkuglerne ville saa af sig selv falde fra hinan-

den, thi nu er det udvendige Lufttryk borte. De magdeburgske Halvkugler ere opfundne af Otto Guericke, og foreviste paa Rigsdagen i Regensburg 1654 for Keiser Ferdinand den Tredie. De vare gjorte af saa betydelig en Størrelse, at der behøvedes 20 Heste for at trække dem fra hinanden.

For at vise, at mange af de Virkninger, som forhen almindeligen tilskreves Sugning, afhænge af Luftens Vægt og Tryk, og at ingen saadan Sugning finder Sted i Naturen, kunne vi stille paa Luftpumpens Tallerken en liden Klokke, dog saaledes at den ikke naaer over Hullet i Midten, og over denne atter en større Klokke, som indeslutter den lille Klokke og tillige gaaer over Hullet. Udpumpe vi nu Luften, saa hæftes den store Klokke ved Lufttrykket strax til Tallerkenen, den mindre Klokke derimod forbliver fri, ja hæves endog lidet, eftersom den store Klokke er udpumpet, og Luften i den mindre udvider sig formedelst Spændigheden, og altsaa driver den lille Klokke i Veiret, for at den selv kan undslippe eller sætte sig i Ligevægt med den Luft, der indesluttes af den ydre Klokke; men endnu forbliver den lille Klokke fri, eftersom der intet større Tryk er uden end inden. Indlade vi derimod Luften i den store Klokke, da bliver denne fri, men den lille Klokke, som indeholder fortyndet Luft, hæftes til Tallerkenen, ihvorvel den ingensinde har været over Midthullet i Tallerkenen. Den hele foranderlige Virkning kan nu ikke være afhængig af en Sugning af Pumpen, men er ene en Følge af Lufttrykket; thi Luften kan nu ikke slippe ind i den lille Klokke ad samme Vei, som den slap ud, ved at hæve den, og derfor hæftes Klokken af Luften til Tallerkenen, og løsnes ikke derfra, forend Klokken skydes hen over Hullet i Tallerkenen, og igjennem dette Luften atter indlades. For at udføre dette Forsøg bedækkes Tallerkenen helst med et Stykke vaadt Vadskeskind, paa det at Klokken ikke skal ridse Tallerkenen; Fortyndningen behøver langtfra ikke at drives til nogen høi Grad, for at disse Virkninger kunne vise sig. En næsten lignende Virkning, men paa en anden Maade, viser sig ved en løs dobbelt Tallerken, som er afbildet Fig. 63, og som har to smaae Tallerkener *f* og *g*, der hver have sin egen Hane *h* og *i*; men ellers ere

forbundne ved Røret *kk*, som atter kan sluttes ved Hanen *l*. Den hele Indretning lader sig ved Skruen *m* skrue paa Luftpumpen. Antage vi nu alle tre Haner at være aabne, saa vil Luften ligeligen udpumpes af begge Klokkerne *d* og *e*, som ere stillede paa Tallerkenerne *f* og *g*. Men lukke vi først *h*, saa mister ved Udpumpningen ene Klokken *e* sin Luft og hæftes til Tallerkenen; lukkes dernæst *l*, saa kan hele Instrumentet skrues af Luftpumpen, uden at Klokkernes Tilstand forandres. Men aabnes nu *h*, saa hæftes ogsaa *d* til Tallerkenen *f*; thi, da *d* var fyldt med Luft og *e* var tom, saa vil, naar Forbindelsen imellem Klokkerne aabnes ved Røret *kk* og Hanerne *h* og *i*, det Halve af den Luft, som er i *d*, styrte i *e*, for at frembringe Ligevægt i det indre Rum i Røret og i begge Klokkerne; hver Klokke vil altsaa være tildeels udpumpet, og, hvis de ere af samme Størrelse, med lige Kraft eller Tryk holdes fast, hver til sin Tallerken.

Den sædvanlige **Vandpumpe**, som almindeligen, men upassende, kaldes **Sugepumpen**, giver et andet Exempel paa Luftens stadige Tryk; thi Vandet hæver sig i denne Maskine ene ved Luftens Tryk. Fig. 64 er Gjennemsnittet af en saadan Pumpe, hvis Indretning imidlertid tildeels er bekjendt ved den Beskrivelse, der er givet af Luftpumpen (Side 87); *mm* er et Rør eller en Støvle, hvori Stæmplet *n* bevæger sig lufttæt formedelst Stæmpelstangen *o*, der sættes i Bevægelse ved Vægtstangen *pp*, eller paa anden Maade, *q* er Sugerøret, der gaaer ned i Vandbeholdningen *rr*, som kan være en Brønd eller paa anden Maade fyldes; *s* er Klappen i Bunden af Støvlen, denne Klap dækker tillige Sugerøret, *t* er Stæmpelklappen, begge Klapper bevæge sig opad; *uu* er et aabent Kar, hvorpaa Pumpen hviler, saa at den staaer over Vandbeholdningen *rr*.*) Naar vi nu hæve Stæmplet op i Støvlen, saa ville vi frembringe et lufttomt Rum imellem

*) Man har anseet det overflødigt at give en særskilt Tegning af Luftpumpen, da dens Ydre er almindeligen bekjendt, og dens indvendige Indretning aldeles stemmer med den her afbildede sædvanlige Pumpes. Sugerøret staaer ved hiin i Forbindelse med Hullet i Tallerkenen, istedetfor ved denne med Vandbeholdningen.

n og *s*, og Trykket af Luften paa Overfladen af Vandet i *rr*, vil nu drive en Deel igjennem *q* og Klappen *s* op i Støvlen, hvor det vil holde sig, da *s*, som ikke kan gaae nedad, holder det tilbage; drives nu Stæmplet *n* nedad, vil Vandet i Støvlen drives igjennem Klappen *t*, og, hæves atter Stæmplet, hvorved Klappen *t* lukkes, vil dette Vand gaae op i det Øverste af Støvlen, hvorfra det strømmer ud af Tuden *v*; paa samme Tid vil atter, i det Stæmplet blev trukket i Veiret et nyt lufttomt Rum have dannet sig under det og saaledes en nye Deel Vand træde ind i Støvlen, og altsaa Pumpen fortsætte sin Virkning, saalænge Stæmplet drives op og ned. Saaledes indsee vi, at Pumpen, ihvorvel den er en Vandmaskine, beroer paa Lufttrykket, og altsaa hører dens Beskrivelse til Lufttryklæren.

For at bevise, at Pumpens Virkning er afhængig af Lufttrykket og Dannelsen af et lufttomt Rum, tag den hele Indretning og stil den paa Tallerkenen af Luftpumpen, saa at Karret *uu* aldeles udpumpes; nu ville vi finde, at hvormeget vi end arbeide med Pumpestangen *pp*, ville vi dog ikke oppumpe noget Vand; thi da nu Luften, der vilde trykke paa Vandet i *rr*, er borte, vil dette ikke drives ind i Sugerøret *q*, og altsaa vil intet Vand hæves. En Pumpe af dette Slags afgiver saaledes ikke blot et Beviis paa Lufttrykket, men viser endogsaa Størrelsen af samme; thi, hvis Sugerøret *q* gjøres 40 Fod langt fra Bunden af Støvlen til det rører Vandet, saa vil Pumpen ikke drive Vandet høiere end omtrent 32 Fod op i Sugerøret, og saaledes vil intet Vand træde op i Støvlen eller gydes udaf Tuden *v*. Saaledes overbeviises vi om, at en Vandsøile, der er 33 Fod høi, er i Ligevægt med det største Tryk, Luften udøver; og, da dette, som siden bliver viist, ikke er lige stort, men stundom kun formaaer at hæve Vandet til 28 Fods Høide, er det ikke raadeligt at stille Pumpen meer end omtrent 25 Fod over Vandstorpen, for at være sikker paa, at Pumpen i ethvert Tilfælde virker. Grundfladen af Vandsøilen har i dette Tilfælde ingen Indflydelse, da en lige tyk Luftsøile stedse vil holde den i Ligevægt. Har Vandsøilen een Qvadrattomme i Grundflade, saa vil en Høide af

32 Fod svare omtrent til 14 ℔, og altsaa større end det Lufttryk, vi fastsatte ved de magdeburgske Halvkugler (Side 90).

Denne Ligevægt, der finder Sted imellem en lodret Vandsøile og Dunstkredsens Tryk, blev først bemærket af Galilæi, idet han vilde indrette en Pumpe for Storhertugen af Toscana, men han synes ikke at have opdaget Aarsagen. Denne blev først udfunden af Torricelli, der brugte Qvikſølv, en Vædske, der er omtrent 14 Gange tungere end Vand, til sine Forsøg, og saaledes var han istand til at frembringe et Tryk, lig Vandets, med $\frac{1}{14}$ af dets Høide; paa denne Maade bleve Forsøgene lettere at anstille. Han fyldte Glasrør af forskjellige Tykkelser, hvis ene Ende var tilblæst, med Qvikſølv, og, idet han tilsluttede den aabne Ende med Fingeren, satte han dem med denne ned i et Kar, fyldt med samme flydende Metal. Tog han nu Fingeren bort, da fandt han, at alle de Rør, der vare under 27 Tommer, forbleve fyldte med Qvikſølv, men i alle, der vare 28 Tommer eller derover, sank Qvikſølvet ned til en Høide af 27 til 28 Tommer over det frie Qvikſølv i Karret; foroven i Røret blev et tomt Rum, som man siden har fundet at være det fuldkomneste tomme Rum, Kunsten kan frembringe, og som kaldes til Ære for Opfinderen Torricelli's **Vacuum**, i Modsætning til det mindre fuldkomne, som frembringes ved Luftpumpen, og som kaldes **Boyle's Vacuum**.

Et Rør af tilstrækkelig Længde, fyldt med Qvikſølv, og stillet i en Skaal med Qvikſølv, kaldes en **Lufttrykmaaler** eller et **Barometer**, efterdi Qvikſølvsøilen holdes i Ligevægt af Lufttrykket, og altsaa tjener til Maal for dette; forandres Lufttrykket, da maa ogsaa Qvikſølvets Høide forandre sig. De Forandringer, som denne lider, kunne beløbe sig paa samme Sted i det tempererede Zone til omtrent $2\frac{1}{2}$ Tomme i det Høieste. Ved Havets Overflade stiger Qvikſølvet ikke let til større Høide end 29 franske Tommer*) eller falder under $26\frac{1}{2}$ Tom.

*) Almindeligen bestemmes Lufttrykmaalerens Høide efter det gamle franske Maal, hvilket ogsaa her anvendes, stundom ogsaa efter Metre eller efter engelske Tommer. De franske Tommer, der

Maalestokken, som findes paa Lufttrykmaaleren, og som angiver Høiden af Qvikſølvſøilen over det frie Qvikſølvs Overflade, er derfor deelt i Tommer og Linier, og dette Maal er det, man iſær bør lægge Mærke til, ei de hosſkrevne Ord, "Storm, Regn, Uſtadigt, Smukt Veir;" thi disse ere af ringe Nytte, og snarere tilkjendegives smukt eller slet Veir ved at Qvikſølvet stiger eller falder, end juſt ved det Punct, det staaer paa. Om Barometret stiger eller falder, see vi letteſt ved at iagttage, om Overfladen er ophøiet eller huul, i første Tilfælde stiger det, i andet Tilfælde falder det; men den rigtige Høide kan først aflæses, naar man har ophævet Qvikſølvets Vedhængen ved Glasrøret, ved at banke paa det. Iſær inde i Landet vil Lufttrykmaaleren vise sig som et høist gavnligt Redskab til at forudsige Veirforandringer. Ere Qvikſølvets Bevægelser meget pludselige, da paafølge i Almindelighed Storme. *)

Saadanne Jagttagelser ere anstillede allerede af Torricelli selv, men det overlodes til Paſcals store Genie at opdage deres Aarsag, ligesom ogsaa at opdage en anden vigtig Anvendelse af Lufttrykmaaleren, nemlig dens Brug til at udmaale store Høider.

Paſcal, ligesom Torricelli, formodede, at Qvikſølvet holdtes oppe i Røret ved Lufttrykket, men han frygtede for at yttre en saadan Mening, formedelst dens Nyhed og de Tvistigheder, som han indsaae, at den vilde indvikle ham i; han besluttede derfor at ville sætte Sagen paa Prøve ved et Forsøg, der stedse vil, formedelst dets Nyhed og den Sindrighed, han derved lagde for Dagen, være ham til største Hæder. Han sluttede saaledes: holdes Qvikſølvet i Røret ved Lufttrykket, da

---

ere Tolvdeelstommer, deles i Linier; de engelſke Tommer, der ligeledes ere Tolvdeelstommer i Tiendedele og Hundrededele.

*) Om Maaden at observere Lufttrykmaalerne, see en af Hr. Prof. J. F. Schouw i Tidsſkrift for Naturvidenſkaberne 1ſte Bind. Kbvn. 1822, indrykket Afhandling, kaldet: "kort Veiledning til at anſtille meteorologiſke Jagttagelser." Af samme Forfatter kunne vi vente en danſk Meteorologie, hvori denne Gjenſtand vidtløftigere vil blive afhandlet.

maa dette Tryk være større ved Jordens Overflade, end i en betydelig Høide over samme; følgeligen, dersom to Lufttrykmaalere vise samme Høide ved Siden af hinanden ved Jordens Overflade, og den ene bringes op til en betydelig Høide, saa trykker en lavere Luftsøile paa denne, end paa den anden, altsaa maa ogsaa dens Qvikselvsøile være kortere, eller Lufttrykmaaleren maa falde, naar den bringes i Veiret.

Han lod dette forsøge ved sin Svoger **Perrier** den 19de Septbr. 1648 paa Bjerget **Puy de Dome** i Nærheden af Staden **Clermont** i det sydlige Frankrig. I Klosterhaven i Clermont stod Lufttrykmaaleren paa 26 Tom. $3\frac{1}{2}$ Linie og paa Toppen af Bjerget kun paa 23 Tom. 2 Lin., saaledes at den var falden 3 Tom. $1\frac{1}{2}$ Lin. ved en Høide af noget over 3000 Fod; ja endog ved blot at stige op i et 150 Fod høit Taarn i Paris fandt Pascal selv, at Qvikselvet var faldet 2 Lin. Saaledes bekræftede disse Forsøg aldeles Rigtigheden af Pascals Fornuftslutninger, og siden den Tid ere en Mængde Bjerges Høider paa det Nøiagtigste udmaalte ved Hjælp af Lufttrykmaaleren.*)

At Qvikselvet holdes oppe i Røret af Lufttrykmaaleren ene ved Lufttrykket, kan godtgjøres paa den meest overbevisende Maade ved Luftpumpen. Til den Ende tage vi et Glasrør, 30 Tommer langt, og fylde det med Qvikselv med en liden Tragt, dernæst vende vi det om og stille det i en Skaal med Qvikselv, sættes nu den hele Indretning under en høi Klokke paa Pumpetallerkenen, vil, naar Udpumpningen begynder, Qvikselvet i Røret falde, i Begyndelsen med stor Hurtighed, men efterhaanden, naar Klokken alt mere og mere tømmes, lang-

*) Beregningsmaaden af Høider, efter de iagttagne Qvikselvhøider, er fremsat i Ørsteds Naturlære 2den Udg. S. 401 o. følg. Høiden staaer i Forhold ikke til Forskjellen af Qvikselvhøiderne, men til Forskjellen af Logarithmerne af Qvikselvhøiderne. Beregningen lettes meget ved Tabeller; af saadanne findes sammesteds nogle smaae Tavler, som ere indrettede af Hofraad Ridder Gauß, og som ved Hjælp af de sædvanlige Logarithmetavler med Lethed og Nøiagtighed give Høiden.

sommere. Indlade vi atter Luften, vil Qvikſølvet høve ſig til ſamme Punct, hvor det ſtod, da Udpumpningen begyndte.

Et ſaadant Redſkab tjener altſaa ſom Prøver ved Luftpumpen, og udviſer Luftens Fortyndning eller, hvor fuldkomment det lufttomme Rum er, ſom blev frembragt ved Luftpumpen. Denne Lufttrykmaaler, ſom her anvendes, gives kun ſin fulde Længde, naar Luftpumpen er ſtor, er den mindre og ene beſtemt til at ſtilles paa et Bord, ſaa bruges kun en kort Lufttrykmaaler; thi en Prøver er først da vigtig, naar Udpumpningen er dreven allerede ſaa vidt, at den i Klokken værende Luft kun formaaer at bære een eller to Tommer Qvikſølv. Prøveren gjøres derfor ſom oftest kun omtrent 3 Tommer høi og gives Skikkelſe af en omvendt Hævert, ſaaledes ſom det viſes Fig. 65. I dette Tilfælde har den ingen Skaal med Qvikſølv, men den ene Green *a* er aldeles fyldt med Qvikſølv, ſom ogſaa gaaer tildeels op i den anden *b*, der ſtaaer i Forbindelſe med Klokken, ſom udpumpes. Var Klokken aldeles lufttom, maatte der ligeſaa lidet være noget Tryk paa Qvikſølvſøilen i *b*, ſom i *a*, diſſe maatte altſaa holde hinanden i Ligevægt eller Qvikſølvet ſtaae lige høit i begge Grene; er derimod nogen Luft tilbage i Klokken, vil denne trykke paa Qvikſølvet i *b*, og drive dette ned, og ſaaledes Qvikſølvet i *a* opad; Virkningen vil altſaa fordeles paa begge Hævertens Grene, og, da diſſe bør være forfærdigede lige vide, vil det halve Tryk viſe ſig ved *b*, det halve ved *a*; lægge vi altſaa begge Forandringer ſammen, eller ogſaa blot fordobble *a*'s Forandring, ſaa erfare vi, hvor ſtort Lufttrykket er. Finde vi ſaaledes, at *a* ſtaaer $\frac{1}{2}$ Tomme høiere, end naar det var i Ligevægt med *b*, ſaa er Lufttrykket een Tomme, og viſer en ſædvanlig Lufttrykmaaler nu 28 Tommer, da er Lufttrykket formindſket til $\frac{1}{28}$. Det Barometer, vi her have anvendt, er ſaaledes i ſin Indretning forſkjelligt fra det omtalte ſædvanlige Kapſelbarometer, da det har Form af en Hævert, og kaldes paa Grund heraf et Hævertbarometer. Almindeligen beſtaaer det af et Glasrør, ſom har to lige vide Grene, af hvilke den længere er foroven lukket, den kortere derimod aaben, eller i det Mindſte ikke aldeles lukket. Røret hæftes til et Brædt,

og fra en vilkaarlig Linie paa dette afsættes en Maalestok, som baade gaaer opad og nedad, paa den første Deel af denne læses Høiden af Qvikſølvet i det sluttede Rør, paa den anden Deel, hvormeget Qvikſølvet i det aabne Rør er under den paa Brædtet opdragne Linie, begge Maal lægges sammen, og det Udkomne er da Barometerhøiden. Ved dette Barometer undgaaes endvidere al Haarrørsvirkning; thi, da begge Rør have lige Vide, sænkes Qvikſølvet formedelst hiin lige meget i dem begge; og, da nu paa den ene Deel af Maalestokken regnes fra neden opad, paa den anden fra oven nedad, ville Haarrørsvirkningerne i begge Rør hæve hinanden. Ved Kapſelbarometret vil Haarrørsvirkningen stedse vise sig; men, hvis Røret gives en nogenlunde tilstrækkelig Vide, omtrent 3 Linier indvendigen, er denne ubetydelig; endvidere, naar Qvikſølvet synker i Røret, vil det løbe ud i Kapſlen, og, da Maalestokken begynder fra det frie Qvikſølvs Overflade, maa enten denne hver Gang skydes til sit rette Sted, eller Kapſlen skrues op eller ned, indtil Overfladen af Qvikſølvet kommer paa Begyndelsespunctet af Maalestokken; ved de Kapſelbarometre, der blot bruges til sædvanlige Veir-Jagttagelser, gjøres Kapſlens Vide blot betydeligen større end Rørets, og saaledes vil denne Rettelse kun blive liden og forbigaaes derfor i Almindelighed. Foruden de to nævnte Hovedarter af Barometre, har man endnu forskjellige andre, hvis Hensigt er, deels at lette Jagttagelserne, deels at gjøre Forandringerne i Qvikſølvſøilen mere kjendelige. Det hyppigst forekommende er det, hvis aabne Deel ender sig i en Kugle eller et pæredannet Glas, og som frembyder for Lufttrykket en stor Overflade, der altsaa staaer i et saadant Forhold til Rørviden, at Barometrets Stigen eller Falden ikke væsentligen forandrer Qvikſølvets Stilling i den aabne Deel; man behøver altsaa her ene at aflæse Maalestokken ved det Øverste af Qvikſølvſøilen. En anden Lufttrykmaaler, som hyppigt bruges, er Hook's Hjulbarometer. Dette er et Hævertbarometer, i hvis aabne Green svømmer et Lod, som staaer i Forbindelse med et andet lettere Lod ved en Snoer over en Trisse. Falder nu Barometret eller synker Qvikſølvet i den lukkede Green, da vil det

stige i den aabne Green og med dette Loddet, der svømmer paa Qvikſølvet, det andet Lod vil altſaa faae Overvægt og dreie Tridſen rundt; har altſaa Tridſen en Viſer, vil man kunne lade denne løbe henad en Skive, paa hvis Omkreds de tilsvarende Barometerhøider ere ſtrevne; da man kan gjøre Skiven af en vilkaarlig Størrelſe og Tridſen liden, saa kunne de Afdelinger, der svare til Forandringer af enkelte Linier i Barometerhøiden, være betydeligen store, men Rivningen, der er forbunden med Tridſen, gjør stedse Redſkabet mindre følsomt og derfor uſikket til nøiagtige Jagttagelſer. Mærkeligt er ogsaa Huyghen's Dobbeltbarometer. Dette er ligeledes et Hævertbarometer, til dets aabne Green er smeltet et snævrere Rør, som er fyldt med en lettere Vædſke, f. Ex. farvet Spiritus; synker nu Qvikſølvet i det lukkede Rør, saa stiger det i det aabne, og driver saaledes Spiritussen op i det aabne Rør, og, da dette er snævert, blive Forandringerne saare kjendelige. Dette Barometer er i høi Grad følsomt, og, naar det er godt forfærdiget, vil det, naar det ikke forſtyrres ved Flytning, maaſtee være det tjenligſte til med Lethed at iagttage det forandelige Lufttryk. Man har vel ogsaa andre Indretninger for at gjøre Forandringerne mere kjendelige, saasom Diagonalbarometret af Morland og Ramazzini, hvor Qvikſølvſøilen ligger ſtjævt, men disse forekomme mindre hyppigt og ere ogsaa mindre brugbare, end de omtalte.

Til saare nøiagtige Jagttagelſer og iſær til de forhen omtalte Høidemaalinger kræves fortrinlige Redſkaber. Qvikſølvet maa være aldeles renſet, hvilket kan ſkee paa følgende Maade, som tillige er et smukt Forſøg med Luftpumpen: Qvikſølvet hældes i et Bæger, hvis Bund er af Træe, saaledes, at Fibrene i Træet ere omtrent lodrette; dette Bæger kittes i Overkanten af en foroven aaben Luftklokke, og under denne ſtilles en Skaal for at opfange Qvikſølvet; begynde vi nu at arbeide med Luftpumpen, saa driver den ydre Luft Qvikſølvet igjennem Porerne i Træbunden ned i Skaalen under Klokken, som en fiin Regn, men at Støvet bliver tilbage i Bægeret.*) Qvikſølvet bør tillige være deſtilleret eller

*) Ved dette Forſøg bør man vel vogte ſig for, at intet Qvikſølv

chemiskt renset, for at det ved fremmede Deles Iblanden ikke skal være lettere end det, der muligen er anvendt til et andet Barometer, hvormed vi ville sammenligne vort. Endeligen maa det lufttomme Rum være aldeles frit saavel for Dampe som for Luft, og, da Qvikſølvet stedse har nogen Fugtighed ved sig, maa det **udkoges** i selve Barometerrøret.

Ville vi anvende Barometret til Høidemaalinger, da maa det med Lethed og uden at beskadiges kunne flyttes fra eet Sted til et andet. Barometre, hvorved dette Formaal opnaaes, kaldes **Reisebarometre**; de ere enten Kapselbarometre eller Hævertbarometre; Qvikſølvet maa, førend Barometeret flyttes, drives op i det lufttomme Rør, saa at det fylder dette aldeles og Barometret derpaa vendes om, og i denne omvendte Stilling transporteres. Man har mange forskjellige Indretninger af Reisebarometre. Bequemmest turde maaskee **Englefield's** Reisebarometer være, hvoraf en kort Beskrivelse haves i Ørsteds Naturlære 2det Opl. S. 328; dette er indfattet i sit Stativ saaledes, at man kan føre det som en Stok. Ved Reisebarometrene, ligesom ved ethvert andet nøiagtigt Barometer, findes endvidere en Varmemaaler eller et Thermometer, der angiver Temperaturen af Qvikſølvsøilen; da Varmen nemlig udvider Qvikſølvsøilen, uden at forandre dens Vægt, indsee vi, at med lige Lufttryk, vil en varmere Qvikſølvsøile være længere end den koldere, saa at en Rettelse maa anvendes formedelst Qvikſølvets Temperatur, der altsaa ved enhver Barometer-Jagttagelse nøiagtigen bør afslæses.

Da Luften fortyndes, jo mere vi hæve os over Havets Overflade, vil ogsaa i en noget betydelig Høide Opholdet blive vanskeligt, da Aandedraget besværes ved Luftens Fortyndning. Allerede naar Lufttrykket er kun halvt mod det sædvanlige, eller kun formaaer at bære en 14 Tommer høi Qvikſølvsøile, hvilket svarer til en Høide af omtrent $\frac{3}{4}$ Miil, bliver Indaandningen næsten umulig; vi kunne altsaa ikke naae til Atmosphærens Grændser, selv om vi kunde hæve os til en

---

kommer ned i Luftpumpen, da dette vilde forene eller amalgamere sig med Messinget og saaledes fordærve Luftpumpen aldeles.

langt betydeligere Høide; men vi kunne ved Beregninger slutte os til, at i en Høide af 10 til 12 Mile vil Luftens Tæthed være langt ringere end den meest fortyndede Luft, vi kunne frembringe ved Luftpumpen, og saaledes indsee vi, at Jordens Dunstkreds kun kan ansees at hæve sig nogle Mile over dens Overflade.

De Forandringer, som foregaae i Luften, og som angives ved Barometret, synes især at have følgende tre Aarsager: Tiltrækningen imellem Luften og visse Vædsker, hvoraf der opstaaer en gjensidig Blanding, saasom ved Fordunstning; Forandringen af Varmen, hvorved Luften fortyndes og fortættes, og Luftens Bevægelse, som frembringes ved forskjellige Aarsager, og hvorved dens Tæthed og andre Særkjender endvidere forandres.

Det er allerede fremsat i Begyndelsen af dette Afsnit, (Side 83), at Atmosphæren ei blot bestaaer af Luft, men af forskjellige Dampe, Luftarter og Dunster, som stedse stige op i den. Saaledes bliver et vaadt Klæde, som er udsat for Luften, snart tørt, og Vand vil Tid efter anden fordampe, eller med andre Ord blive opslugt af Luften, som det staaer i Berørelse med; Vandet bliver altsaa blandet med Luften og holdt oppe og opløst af den. Man har ved Forsøg overbeviist sig om, at een Cubikfod Luft er istand til at holde saaledes 12 Gran Vand, følgeligen maa til enhver Tid Dunstkredsen meer eller mindre være svangret med Vanddampe; Dr. Halley har beregnet, at Middelhavet i een Sommerdag uddamper over 5 Billioner Potter Vand. Saasnart Luftens Tæthed formindskes, eller Vanddelene blive bragt hinanden nærmere ved Kulde, eller af andre Grunde, falde de tilbage og blive nedslagne eller vende tilbage igjen til Skikkelsen af en synlig Vædske.

At Vand til enhver Tid indholdes i Luften, indsees ved den Damp, som vi stedse see nedslaae sig, naar en meget reen Luftklokke udpumpes, og som er Intet uden en faldende Regn i det Smaae. Den Dug, hvormed Vægge og Vinduer kort før vaadt Veir bedækkes, hidrører fra samme Aarsag; thi Luften er da oversvangret med Vand og begynder at afsætte en

Deel af det. At Vand er tilstede i Luften, opdages ved Fugtighedsmaalerne (Hygrometrene), hvis Hensigt er at udmaale Luftens Fugtighed. Der ere flere af forskjellig Skikkelse, men de fleste svare ikke aldeles til Hensigten og forandre sig med Tiden. Een af de simpleste Fugtighedsmaalere er en Snoer af sammensnoet Hørgarn, som forneden har en Blykugle, og ovenfor denne en inddeelt Skive, som er ophængt under Loftet, omtrent 4 Tommer fra Væggen. Ved Fugtighed sammentvindes Traadene i Snoren, ved Tørre i Luften derimod tvindes den op, og saaledes dreier Skiven sig rundt; Luftens Fugtighed bestemmes nu ved den Inddeling af Skiven, der just peger imod et bestemt Mærke paa Væggen. — Det Spilleværk, der kaldes Veirhuset, har samme Grund; naar Luften bliver tør, da vinder Snoren sig op, og, idet Skiven derved dreier sig rundt, kommer Damen frem, naar Snoren ved Fugtigheden derimod tvinder sig sammen, kommer Manden med Parapluien frem. Et andet Slags Fugtighedsmaalere bestaaer af en Vægtstang, paa hvis ene Ende er anbragt et Stykke Svamp, en Prop, eller noget graat Papiir, og som holdes i Ligevægt af et Lod; da disse Materier nu let indsuge Luften, indsee vi, at i fugtigt Veirligt, vil den Ende, hvorpaa de ere anbragte, faae Overvægten, i tørt Veir Loddet. Fiskebeen, Elfenbeen, Haar o. s. v. modtage ogsaa let Luftens Fugtighed og udvide sig; forøge vi Bevægelsen ved at lade den virke paa den korte Arm af en Vægtstang, hvis lange Arm tjener som Viser paa en afdeelt Bue, saa dannes ogsaa derved en Fugtighedsmaaler, og af disse er især Saussure's Haarhygrometer mærkeligt. Imidlertid ville to saadanne Fugtighedsmaalere, skjøndt forfærdigede af samme Materie, vanskeligen bringes til at være hinanden lige, hvorfor ogsaa deres Værd i videnskabelig Henseende har været ringe. Som den eneste fuldkomne Fugtighedsmaaler, maae vi ansee Daniell's nyligen opfundne Hygrometer. Dette grunder sig paa Følgende, som let ved Erfaring bekræftes: bringe vi et koldt Legeme ind i varm Luft, som er fyldt med Dunster, saa falde disse Dunster som Dug strax paa det; naar vi saaledes om Vinteren, bringe en polceret Metalplade ind i den varme Stue,

slaaer den sig, og det desto snarere, jo mere Luften er fyldt med Dunster, og jo koldere det indbragte Legeme er i Forhold til Temperaturen i Stuen. Redskabet har nu den Indretning, som Fig. 66 udviser; *abcd* er et ombøiet Glasrør, til hvis to Ender ere blæste Kugler *a* og *d*, *a* er i Almindelighed gjort af en mørk Farve, for at man desto lettere kan see de nedslagne Dunster, Kuglen *d* overtrækkes med et Stykke tyndt Kattun; i Grenen *b*, som almindeligen er videre end de andre Dele af Røret, er stukket et lidet Thermometer, i øvrigt er det Hele næsten lufttomt og rummer blot noget Naphtha eller Æther. Inden man aflæser Hygrometret, vendes Røret om, og ved at holde den varme Haand paa Kuglen *d*, bringes al Ætheren over i Kuglen *a*, dernæst vendes Røret atter med Kuglerne nedad; ved at dryppe nogle Draaber Æther paa Kuglen *d* frembringes en Kulde inden i Røret, som formedelst Ætheren, der er i *a*, og som nu vil begynde at fordampe, udbreder sig til *a*; Kuglen *a*, som nu saaledes er koldere end Luften vil beslaaes af Dunsterne, der svæve i denne, naar det indvendige Thermometer er faldet til en vis Grad. Sammenligne vi denne Grad, med den, som det frie Thermometer, der undertiden er anbragt paa Soilen *e*, viser, saa ville vi af denne Forskjel kunne slutte os til, om Luften er fugtig eller tør; i første Tilfælde vil Forskjellen imellem begge Thermometerne kun være ringe, thi ved en liden Afkjøling, ville de mange Dunster, hvormed Luften er fyldt, let nedslaae sig, er Luften derimod tør, da maa Afkjølingen gjøres betydelig, eller det indesluttede Thermometer drives meget ned under det frie, inden Dunster vise sig paa den mørke Glaskugle.*)

Luften optager ikke blot Vand, men en Mængde andre flygtige Materier, hvorved mange af dens Særkjender blive meget forandrede, og, efterdi Varmen hjælper til alle disse Forbindelser, saa ville alle varme eller ophedede Vædsker lettere fordampe end kolde. Dryp nogle Draaber Æther i et stort

*) Daniell's Hygometer forfærdiges af Antonio Cetti i Kjøbenhavn; med Instrumentet lader han følge en kort Anviisning til dets Brug.

Drikkeglas, og bedæk det i faa Minuter med en Glasplade; Ætheren vil nu fordampe i Luften og vil gjøre denne saa brændbar, at den vil fænge Ild, naar vi stikke et Lys til den. Udpump en aaben Luftklokke, hvori er indkittet et langt Rør med en Spærhane, og led dernæst Luften atter ind igjennem Røret, men saaledes, at den først gaaer igjennem en Lampe, der brænder med Terpentin-Spiritus. Klokken vil nu vise sig fuld af Røg, men denne Røg vil have bragt med sig en saadan Mængde flygtig Olie, som vil i saadan en Grad have forenet sig med Luften, at denne bliver brændbar, og vil, naar den antændes, brænde med en smuk Flamme.

Uagtet den Tiltrækning, som saaledes synes at finde Sted imellem Luft og forskjellige Vædsker, vil dog Luftkredsens blotte Tryk forekomme, at de hæve sig som Damp eller fordampe, naar Varmen kun er ringe. Saaledes er Naphtha den letteste Vædske, og, naar denne stilles i en Skaal under Luftklokken, vil en blot gandske ringe Arbeiden med Pumpen bringe det til at koge. Vand i den frie Luft vil ikke koge førend ved 80 Graders Varme; men, naar det sædvanlige Lufttryk formindskes, koger det ved en meget ringere Varme.

Denne Omstændighed har vakt den Idee at bestemme Bjerghøider og andre Høider ved Hjælp af Varmemaaleren og Vand, som bringes i Kog, istedetfor at anvende Lufttrykmaaleren. Thi, da Vand koger ved en Temperatur af 80 Grader ved Havets Overflade, maa det, ligesom i den fortyndede Luft under Luftklokken, koge paa Toppen af et Bjerg med en ringere Varme, saaledes har man fundet, at Vand koger paa Toppen af **Montblanc** ved en Varme af 67 Grader.

Den Fugtighed, som føres om i Atmosphæren, danner sig, naar den kommer til en noget betydelig Høide, til Skyer; thi disse ere fornemmeligen vandagtige Dampe, der svømme i Luften og have tilstrækkelig Tæthed for at blive synlige, men ere dog ikke samlede nok til at frembringe Vand; dette er omstændeligen blevet godtgjort ved dem, der ere komne igjennem Skyer, enten ved at bestige høie Bjerge eller fare med et Luftskib. Skyernes Skikkelse og Tilstand ville væsentligen være

afhængige af Styrken og Heftigheden af Vindene, som og af Luftelektricitæten.

Naar en saadan Forandring i Atmosphæren finder Sted, at dens Tæthed formindskes, vil den være mindre istand til at bære Qvikſølvet i Lufttrykmaaleren, og den vil ogsaa være mindre istand til at bære de vandagtige Dampe, Skyer og hvad ellers maatte svømme i Luften; følgeligen maae disse dale, og, dersom Skyerne komme i nær Berørelse nok, saa at Draaber dannes, saa opstaaer **Regn**, eller, hvis det er koldt, **Snee**. Dette forklarer saaledes Brugen af Lufttrykmaaleren som Veirglas, og viser hvorfor slet Veir kan ventes, naar Qvikſølvet falder, og det modsatte, naar det stiger. Regn synes derfor ikke at være andet end en Tilbagevenden af det Vand, som tilforn er fordampet, og, efterdi Bjerge formedelst deres Tiltrækningskraft trække Skyerne til sig, saa er Regnstyl langt heftigere og hyppigere i Bjergegnene end i det flade Land. Da den øvre Deel af Luften stedse er koldere, end den nedre, vil der paa Toppen af Bjergene falde Snee, og, af samme Grund, naar Vanddraaberne fortættes saa høit oppe i Luften, at de fryse, ville de falde paa Jorden, endogsaa om Sommeren, i Skikkelse af **Hagel**; medens derimod Snee er Vanddraaber, frosne langt nærmere Jordens Overflade, da de ellers ikke vilde beholde den fine Chrystalform, som de almindeligen have. Man kan let undersøge denne ved at lade nogle Smaaflokker falde paa sort Klæde, og derpaa betragte dem med et Forstørrelsesglas.

Taage er en Skye, der ligger paa Jordens Overflade og i Almindelighed bestaaer af Vanddampe, blandede med Dug, men som er saa tæt og tung, at den ikke kan hæve sig i Luften. **Dug** har man forhen almindeligen anseet som en Fortætning af den Vanddamp, der tilforn har været uddunstet; men man har siden opdaget, og Dr. **Wells** har paa en sindrig Maade godtgjort, at Dug ikke falder, som man almindeligen har troet, men foraarsages ved Fortætningen af Dampene just i det Øieblik, de opstige. Thi, da Jorden er om Dagen tilstrækkeligen opvarmet til at dampe, og er en flet Varmeleder, vil den beholde sin Varme langt

længere end Luften, der er i Berørelse med den, og det endogsaa, efterat Luften ved Solens Nedgang saaledes er bleven afkjølet, at den ikke længere kan modtage Dampene; Følgen heraf er, at de strax atter forandre sig til den Vædske, vi kalde **Dug**, og som stedse viser sig efter Solens Nedgang, især naar Dagen har været meget varm. Fryser Duggen, da opstaaer paa Jorden og de Gjenstande, der ere paa den, **Riimfrost**.

Den Tiltrækning, som finder Sted imellem Vand og Luft er gjensidig, og, som Følge heraf, vil Luft stedse være forbunden med Vand og andre Vædsker, ligesom disse forbinde sig med Luft. Dersom et Glas med Vand er stillet under Luftklokken, og Luften udpumpes, vil den Luft, der indeholdes i Vandet, strax vise sig, efterdi dens Spændighed vil bringe den til at udvide sig, og Vandet vil sees fyldt med smaae Perler, der, naar Udpumpningen fortsættes, ville vore, stige til Overfladen af Vandet og undvige. Dersom Luft sammentrykkes paa Overfladen af Vandet, vil det modtage og indsuge en større Mængde Luft, end ved det sædvanlige Lufttryk, og, da forskjellige Grader af Tiltrækning finde Sted imellem forskjellige Luftarter og Vand, saa, dersom Kulsyre, eller som den forhen kaldtes Fixluft, forbindes eller indtvinges i Vand, danner sig en opbrusende Vædske, lig Seltser- og andre Mineral-Vande; proppet Øl, brusende Champagnevin og andre saadanne Vædsker besidde den Egenskab at bruse derved, at de udvikle Kulsyre, efter at de ere proppede; og, da denne Luft ikke kan undvige, forbinder den sig med Vædsken.

Paa en kunstig Maade skeer Sammentrykningen af Luften ved en Pumpe, der kaldes **Sammentrykнings-Pumpen**, som er aldeles lig Pumpestøvlen i Luftpumpen, undtagen, at dens Klapper aabne sig og virke i den modsatte Retning. Hvis saaledes i Fig. 64, der, som det forhen er omtalt, just har samme Indretning som Luftpumpen, Klappen *s* i Støvlen og ligeledes Klappen *t* i Stæmplet, aabne sig nedad, istedetfor opad, vil, idet vi drage Stæmplet i Veiret, Støvlen fyldes af Luft igjennem Klappen *t*, istedetfor igjennem *s*; drive vi nu Stæmplet nedad, vil Luften, da den ikke kan

vende tilbage igjennem *t*, gaae igjennem *s*, og saaledes føres igjennem Røret *q* til en Klokke eller et Kar *uu*, bestemt at modtage den. Saaledes kan ved en fortsat Pumpning Sammentrykningen bestandigen fortsættes.

En simplere Form af Sammentrykkings-Pumpen er den, som sædvanligen bruges, og som er fremstillet Fig. 67, hvor *vv* er en Støvle, i hvilken Stæmplet *x* bevæger sig lufttæt ved Hjælp af en Stang og et Haandgreb. Dette Stæmpel er ikke gjennemboret, ei heller har det nogen Klap; den eneste Klap, som Redskabet har, er den, der ligger i Bunden *y*, og som aabner sig nedad, paa Støvlen ved *z* er anbragt et Hul, for at Luften kan slippe ind; forneden er en Skrue, hvormed Pumpestøvlen skrues til det Kar, hvori Luften skal sammentrykkes. Drages nu *x* i Veiret, opstaaer for et Øieblik i Støvlen et lufttomt Rum; men dette fyldes af den ydre Luft, der trænger igjennem Hullet *z*; trykkes Stæmplet *x* nu nedad, da nødes al denne Luft til at gaae igjennem Bundklappen; saasnart Stæmplet atter hæves, trykkes Bundklappen i Veiret; der opstaaer i Støvlen et lufttomt Rum, som, naar *x* er kommen til sit Høieste, fyldes igjennem Hullet *x*, denne Luft presses atter ved at nedtrykke Stæmplet igjennem Bundklappen, og saaledes opstaaer ved en fortsat Pumpen en stedse stigende Fortætning i det Kar, hvortil Sammentrykkings-Pumpen er skruet.

Da Luften i høi Grad er spændig, saa har egentligen Fortætningen ingen Grændse, uden forsaavidt som man omsider ikke har Kraft nok til at drive Stæmplet og ikke kan skaffe Kar, stærke nok til at modstaae den sammentrykte Lufts Spændkraft. Imidlertid har man bragt denne Sammentrykning overordentligen vidt, uden dog derved at kunne berøve Luften sine Egenskaber, at være gjennemsigtig, flydende o. s. v. Naar man gjør Forsøg med sammentrykt Luft, maa man sørge for at de Glas, eller hvad man ellers anvender for deri at sammentrykke Luft, ere af tilstrækkelig Styrke, thi Trykket er her mere end 14 ℔ paa Qvadrattommen; ei heller hjælper her Klokkernes runde Skikkelse (Side 86), thi den modstaaer kun det udvendige Tryk.

Fremgangsmaaden at sammentrykke Luft, og at den, naar den er sammentrykt, har en høiere Grad af Spændighed, vises meget godt ved det Instrument, vi forhen have omtalt Side 87, og som kaldes efter dets Opfinder, en græsk Mechaniker, **Heronskuglen**, det er afbildet Fig. 68; det bestaaer af en huul Kugle *gg*, som for tydeligen at vise Virkningen, helst er af stærkt Glas, og som staaer paa Foden *h*, i dens aabne Hals er fast indkittet en Messinghat *i*, som er gjennemboret, og forneden ender sig i et Rør *l*, der naaer næsten til Bunden af Kuglen, foroven har den en Spærhane *k*; Kuglen fyldes omtrent halvt med Vand; nu skrues, medens Hanen holdes aaben, Sammentrykkings-Pumpen til Halsen, og igjennem Røret *l* drives Luft ned i Kuglen, der som Bobler vil gaae igjennem Vandet fra neden af opad og samle sig oven i Kuglen, hvor altsaa en Sammentrykning af Luft finder Sted; nu lukkes Hanen, og Pumpen afskrues, men i dens Sted paaskrues den fine Pibe *m*. Aabne vi nu atter Hanen *k*, da vil den sammentrykte Luft, der befinder sig oven i Kuglen, trykke paa Vandet og saaledes kaste dette i Veiret gjennem *m* i en Straale. Denne Straale vil være desto høiere, jo større Trykket har været, og vedblive til næsten intet mere Vand er tilbage i Kuglen.

Dette Redskab er saare skikket til at oplyse Indretningen af **Vindkjedlen**, som anvendes ved forskjellige Pumper og især ved Ildebrands-Sprøiterne for at frembringe en kraftig og lige stærk Vandstraale, vi ville derfor i Vandtryklæren atter henvise til dette Redskab.

Vindbøssen er det bedste Exempel paa den overordentlige Kraft, som Luft er istand til at udøve, naar den i høi Grad sammentrykkes; eftersom derved udskydes Kugler med en Kraft, lig det antændte Krudts. Det er besynderligt, at, skjøndt Luftpumpen er en ny Opfindelse, har Vindbøssen, som kommer den saa nær i Skikkelse formedelst dens Klapper og Støvler, været til længe før; thi **Musschenbroek** beretter, at der i en Hr. v. Schmettaus Rustkammer har befundet sig en Vindbøsse med Aarstallet 1474. Den nærværende Vindbøsse, der nu skyder henimod 10 Kugler efter hinanden uden

noget mærkeligt Tab af Kraft, er imidlertid betydeligen forskjellig fra den ældre, som først efter en lang og besværlig Sammentrykning udskjød en eneste Kugle.

Den almindelige Skikkelse af den nyere Vindbøsse, saaledes som den nu forfærdiges, kommer meget nær en sædvanlig Bøsse, undtagen, at Laasen ikke har nogen Steen, og at forneden er en stærk Kobber- eller Jern-Kugle, som indeslutter den fortættede Luft.

De væsentlige Dele af denne ere fremstillede i Fig. 69 i Gjennemsnit: *n* er Bøsseløbet, *o* Luftkuglen, som er skruet til den nederste Deel af det; denne Kugle har en kegledannet Prop *p*, der bringes til at slutte ved en Fjeder, der trykker den opad; *q* er en Hane, der, naar den paa sædvanlig Maade trækkes af, falder ned og giver et Slag paa Staalpinden *r*, der gaaer aldeles lufttæt igjennem Hullet, som er boret i Bøsseløbet, saaledes aabner Proppen eller Ventilen *p* sig, og en Deel af den sammentrykte Luft slipper ud bag Kuglen, som saaledes skydes ud. Man maa lægge Mærke til, at Hanen *q* er saaledes indrettet, at, naar den langsomt nedlades, vil den ikke aldeles røre Staalpinden *r*, og altsaa vil den ikke aabne Proppen; men, hvis den ved at trækkes af, smækker hurtigt ned, saa nøder den Fjedren til at trykke sig sammen et Øieblik, hvorved en liden Aabning opstaaer, hvoraf lidt Luft strømmer ud; saaledes kan ved denne Indretning en eneste Ladning af Luftkuglen være tilstrækkelig for at udskyde flere Kugler, medens ellers Luften vilde kun udskyde een Kugle ad Gangen. Det kræver betydelig Kraft og Tid at lade en Vindbøsse; Fig. 70 viser Pumpen, hvormed dette i Almindelighed skeer; *s* forestiller Kuglen, der er skruet af Vindbøssen og skruet til en stærk Jernpumpe, som er indrettet ligesom Fig. 67, men har to Haandgreb *tt*, Stæmpelstangen *u* er fastgjort til en Tværstang *vv*, hvorpaa man træder under Pumpningen, og hele Støvlen *x* og Kuglen *s* trækkes op og ned ved Haandgrebene *tt*, indtil den sammentrykte Lufts Spændkraft aldeles modsætter sig Pumpningen. En væsentlig Forbedring er endnu den, at man gjør Kolben hul; denne træder nu istedetfor for Kuglen og kan som denne afskrues og sættes paa

Sammentrykningspumpen. Ved at være forsynet med flere Kolber, og ved at Vindbøssen har forskjellige andre Indretninger, som her ville blive for vidtløftige at beskrive, skaffer den samme Bequemmelighed og Kraft som de sædvanlige Ildgeværer, ihvorvel den naturligviis formedelst den sammensatte Mechanisme bliver kostbarere. Man har ogsaa Vindbøsser, hvor Vindkammeret dannes ved at Bøsselobet stikkes i et videre Rør, imellem hvilke Luften sammentrykkes.

Naar Luften sættes paa een eller anden Maade i Bevægelse, opstaaer Vind, og, skjøndt mange Aarsager kunne frembringe en saadan Bevægelse, saa ere dog Varmeforandringerne den væsentligste. Thi, efterdi alle Legemer udvide sig ved Varmen (Side 12), saa at deres Dele komme længere fra hinanden, maa ophedet Luft blive lettere end kold og følgeligen stige i Veiret ved dens større Lethed. Saaledes stiger Røgen op i Skorstenen, fordi den er blandet med opvarmet Luft, og Luftskibet bringes ligeledes til at stige, ved at den opvarmede Luft er lettere end den koldere.

Da Luftseiladsen hører til Lufttryklæren, ville vi her nærmere betragte Luftskibet, og den dermed forbundne Luftballon, der kan bringes til at stige paa to aldeles forskjellige Maader. Enten fortynde vi Luften i Ballonen ved Varme, og have da det Slags Luftmaskiner, som efter deres Opfindere Brødrene Montgolfier, kaldes Montgolfierer, eller ogsaa fylde vi Ballonen med en Luft, der er lettere end den atmosphæriske Luft, nemlig Vandstofgas eller Brindluft, en saadan Ballon kaldes efter den franske Physiker Charles, der angav denne, en Charliere. Montgolfieren forfærdiges i Almindelighed af Lærred eller vel ogsaa af Papiir og gives omtrent Skikkelse af en Kugle, forneden anbringes en Ild, som opheder Luften, hvormed Ballonen kun omtrent indtil $\frac{1}{3}$ har været fyldt, og da denne indesluttede Luft udvider sig, saa udspiles Ballonen; den udfylder saaledes et Rum, som, hvis det var fyldt med sædvanlig Luft, vilde være 3 Gange tungere end den opvarmede Luft nu er, vi kunne altsaa endnu tilføie Lærredet eller Papiret, hvoraf den varme Luft indesluttes, eller hvoraf Ballonen er dannet, ja endog Risten eller Apparatet, hvori Il-

den er anbragt, og et Gallerie med Mennesker, og dog bliver det Hele, naar Ballonen er tilstrækkeligen stor, lettere end Luft af lige Omfang og maa altsaa stige. Varmen bringes tilveie enten ved flere Spirituslamper, hvor da efter Omstændighederne nogle tændes eller slukkes af Luftskipperen, endogsaa under Seiladsen, saaledes, at han ved mere at ophede eller afkjøle den i Ballonen værende Luft kan stige eller dale, eller ogsaa ved et Baal af let Brænde, som da efter Omstændighederne kan formeres eller formindskes. Anvendes Lærred til Ballonen, da fernisseres dette i Almindelighed for at gjøre det tættere og overtrækkes indvendigen med en Jordfarve for mindre at være udsat for Forbrændning, hvis enkelte Dele deraf skulde komme i for nær Berørelse med Flammen; giver man en saadan Ballon en Tværlinie af 22 eller 23 Alen, da vil den have en Stigekraft af 400 til 500 ℔, hvilken er tilstrækkelig til at hæve baade Ild-Apparatet, Galleriet og Luftseileren. Ved Charlieren anvendes den lettere Luft, der kaldes Brindluft, eller med et ældre Navn Vandstofgas. Denne erholdes i sin største Reenhed ved at lede Vanddampe over gloende Jern og er over 14 Gange lettere end den atmosphæriske Luft; mindre reen, men hurtigere, udvikles den af Jern- eller Zinkspaaner, blandede i omtrent 1½ Gang deres Vægt Svovlsyre eller Vietriololie, fortyndet med 10 til 12 Gange saameget Vand; ogsaa kan anvendes den mindre kostbare Steenkulgas, der dog stedse er omtrent 4 Gange lettere end den atmosphæriske Luft, og som er den, der almindeligen bruges til Belysning. Da Brindluften stedse er temmeligen kostbar, gjør man Charlieren gjerne mindre end Montgolfieren, og derfor maa anvendes et lettere Overtræk; bruge vi fernisseret Taft, og Brindluften er udviklet af Zink og Svovlsyre, da den saa kan regnes omtrent kun at veie ⅛ af den atmosphæriske Luft, saa vil Ballonen, naar dens Tværlinie er 12 til 13 Al., have en Stigekraft af omtrent 500 ℔, hvilken ogsaa er tilstrækkelig til at bære en Gondol, der ved et Net er befæstiget til den øvre Deel af Ballonen, og som kan optage 2 Mennesker. Til mindre Forsøg anvendes for Montgolfiererne ret passende Papiir, og man vil kunne bringe Kugler heraf, hvis Tværli-

nie kun er et Par Alen, til at stige; ligeledes kan til Charlieren anvendes den Hud, man faaer, naar Faarene føde, eller ogsaa den saakaldte Guldslagerhud, der beredes af Oxens Tyktarm; en saadan af Guldslagerhud forfærdiget Kugle kan endog gjøres af en Tværlinie kun 6 Tommer stor, og af den anden Hud endnu mindre.

De Luftreiser, som især strax efter Luftskibets Opfindelse (1783) hyppigen ere foretagne, have ikke bragt de Resultater, man af saa betydelige Foretagender, betragtede som Naturforsøg, havde turdet vente sig; det maa tilstaaes, at de som oftest foretoges af dumdristige Gjøglere, blottede aldeles for Natur-Kundskaber, meer i den Hensigt at fremstille et vistnok interessant og prægtigt Skuespil, end et belærende og Videnskaben udvidende Forsøg. De Undtagelser, som vi kunne gjøre, ere saa faa, at vi vel tør haabe, at bringe Luftseiladsen over den ufuldkomne Tilstand, hvori den endnu befinder sig; det mangler ikke paa Forslag at udvide og forbedre Luftfarten, men, da disse ikke kunne iværksættes uden Bekostninger, og kun udføres af Mænd, der forene Kundskaber med personligt Mod og Koldblodighed i Farer, saa ere selv de Forslag, der synes antagelige, ikke prøvede. Hovedopgaven bliver altid at styre Luftskibet og endnu synes stedse uovervindelige Vanskeligheder at hindre dette: særegne Vinger eller et Slags Roer, hvormed man hindrede, at Vinden drev Ballonen med sig, vilde kræve en saare stor Kraft; og, kunne vi end ved Dampmaskinen bringe denne tilveie, kjende vi ikke Midlerne til at gjøre denne Maskine saa let, at den tillige med Luftskipperne kunde hæves i Veiret. Snarere vilde man maaskee kunne spore, at i visse Høider herskede Luftstrømninger, og ved at følge disse kunde man forskaffe sig den Retning, man ønskede. De mærkeligste Luftreiser, som have afgivet videnskabelige Resultater, ere Charles's og Roberts i Paris den 1 Decbr. 1783, Biots og Gay Lussacs den 24 Aug. 1804, og Gay Lussacs Reise den 26 Septbr. samme Aar, ved hvilken sidste han hævede sig til en Høide af næsten een dansk Miil. Anvendelse af Luftskibet i Krigen skeete i Revolutionskrigen i Slaget ved Fleurus, hvor de franske Officierer i en Ballon udspionerede

den østerrigske Leir; imidlertid indførtes dog ikke Luftskibene almindeligt ved Armeerne, saaledes som man havde spaaet, det vilde skee, og kun en kort Tid var en militair, aerostatisk Skole oprettet i Frankrig, uden at dog just Luftseiladsen ved den bragtes betydeligen fremad.

Vindene foraarsages, som det er omtalt, fornemmeligen af Luftens ulige Temperatur, hvilket vi kunne spore i det Mindre ved den Træk, der findes i vore Huse; en Luftstrøm jages ved Ilden op i en Kamin, og den saaledes forsvundne Luft erstattes ved den kolde Luft, som hvert Øieblik trænger ind ad alle Sprækker; stoppede vi alle disse, da vilde Kaminen høre op at trække; den varmeste Luft vil stedse befinde sig forovtn i ethvert beboet Værelse, ligesom ogsaa i Theatre Galleriet stedse er hedere end Parterret. Naar vi altsaa lukke en Dør op fra et varmt Værelse, vil den varme Luft strømme ud forover, og den kolde Luft strømme ind forneden, hvorom vi let kunne overbevise os, ved at holde et Lys i Aabningen; Flammen af dette viftes forover ud af den varme Luft, forneden indad i det varme Værelse af den kolde Luft.

De stadige Sø- og Landvinde, som herske paa Øerne og ved Kysterne af Landene i de hede Jordstrøg, have en ligneude Grund, og ere egentligen Følger af samme Virkning, men efter en større Maalestok, og vise tilstrækkeligen, hvorledes Vinde fremkomme ved Temperaturforandringen. Paa Øerne blæser saaledes paa den varmere Tid af Dagen Vinden mod Midtpunctet af Øen fra alle Kanter, om Natten derimod blæser den mod alle Sider ud fra Midtpunctet; thi Solens Straaler frembringe langt snarere Hede i Luften lige over Land, da dette lettere opvarmes og tilbagekaster Heden, end Havet, hvorfor om Dagen Luften over Land er fortyndet, og altsaa den koldere Søluft strømmer ind, om Natten derimod, afkjøles Landjorden hurtigere, og Luften vil da strømme fra Midtpunctet af Landet ud imod Søen til alle Kanter.

Passat-Vindene eller Handels-Vindene (trade-winds), som de kaldes formedelst den Tryghed de forskaffe Handelsskibene, ere et nyt Exempel paa samme Virkning. De blæse hele Aaret fra Øst til Vest henad Linien, og foranlediges ved at Luften

fortyndes ved Solens Varme, og at Jorden bevæger sig fra Vest til Øst. Nær Jordens Overflade maa nemlig til enhver Tid den koldere Luft strømme imod Linien; denne Luft er ikke i saa hurtig Bevægelse fra Vest mod Øst, som Egnene under Linien og modtager først seent disses hurtigere Bevægelse, saaledes ville altsaa disse Luftpartikler synes at bevæge sig imod Vesten og altsaa under Linien frembringe Passatvindene. Disses Regelmæssighed forstyrres imidlertid af den særegne Fordeling af Vand og Land, der virker, som forhen er viist, og af Solens forskjellige Stillinger efter Aarstiderne. Saaledes blæser imellem Madagascar og de afrikanske Kyster fra October til Mai en stadig Sydostvind, fra Mai til October en stadig Vestvind. Sønden for Arabien og Persien og i den bengalske Bugt hersker fra April til October en stærk Sydvestvind, ledsaget af sorte Skyer og Storme, den øvrige Deel af Aaret en svag Nordost; Solen har nemlig i Sommermaanederne opheedet Asiens Lande, altsaa vil den koldere Luft fra Sønden trænge op imod Norden og saaledes frembringe Sydvestvinden; i Vintermaanederne gaaer Vinden derimod om imod Nord, men er svagere, da Havet ikke saa let som Landet modtager den ved Solens Stilling foraarsagede Varmeforandring. Alle disse stadige Vinde, som saaledes findes imellem Vendecirklerne, kaldes **Mussons** (monsoons).

De øvrige Vinde ere tilfældige, imellem dem maae vi især mærke **Hvirvelvinden**, som opstaaer ved to hinanden krydsende Luftstrømninger, **Harmattanen** og **Siroccoen**; hvilke to sidste komme begge fra Africas Sandørkener; Harmattanen blæser paa Vestkysten af Africa og er ledsaget af en tør Hede og Støv; Siroccoen blæser i Middelhavet, Grækenland og Sicilien, den er en heed Sydvind, som svangres med Dunster, idet den stryger over Middelhavet, og er saaledes i høi Grad usund.

For at iagttage Vindens Retning og Styrke har man **Vindfløie** (Anemoskoper) og **Vindmaalere** (Anemometre). Ifølge Bevægelsens Love, forholde Vindens Virkninger sig som Qvadraterne af deres Hastigheder. En sædvanlig og allerede temmeligen følelig Vind gjennemløber 10–15 Fod i eet Se-

cund; stiger Hurtigheden til 40–60 Fod, da kaldes Vinden en Storm, og, overstiger den dennes Grændser, kaldes Vinden en Orcan; de stærkeste, man har iagttaget, gjennemløbe i eet Secund 100–150 Fod, de forefalde vel hyppigst i det hede Jordstrøg, dog har man i Norden ogsaa Orcaner af henimod 120 Fods Hurtighed i Secundet.

Sjette Afsnit.

Lydlære. (Akustik).

Frembringelsen og Forplantelsen af Lyden afhandles i den Deel af Naturlæren, der kaldes **Lydlære**, og, ihvorvel denne maa synes at være aldeles forskjellig og adskilt fra Luftlæren eller Pneumatiken, ville vi dog indsee ved at betragte, at Lyden næsten stedse igjennem Luften naaer vort Øre, at mange Lyd frembringes af Luften selv, og at de alle meer eller mindre forandre sig ved at gaae igjennem den, at imellem disse to Afsnit af Naturlæren findes en nær Forbindelse, saa at det ene med Rette følger ovenpaa det andet.

Lyd er Følgen af visse Bevægelser eller Svingninger, der frembringes i tonende Legemer og derfra forplantes til Øret paa en Maade, som siden vil blive forklaret; og, som Følge heraf, ville de bestemteste eller meest hørbare Lyd blive frembragte ved Legemer, der ere saa spændige, at de let kunne sættes i en svingende Bevægelse, og, jo hurtigere Svingningerne ere, desto skarpere eller høiere er den frembragte Tone. Naar saaledes en fugtig Leerkugle, der ikke besidder nogen mærkelig Spændighed, slaaes af en Hammer, vil den ikke frembringe anden Tone, end den, der opstaaer af Sammentrykningen af Luften imellem Leret og Hammeren, hvormed det slaaes. En hul Messingkugle vil frembringe mere Lyd, eftersom den er spændig, men dog vil Virkningen af denne ogsaa være ringe, fordi en Kugle, da den paa enhver Side frembyder en Bue eller Kuppel, er den sletteste Skikkelse til at frembringe Lyd, den ene Deel hindrer nemlig den andens Svingninger. Men bliver en saadan Kugle overskaaren, og Kanten af den ene Halvkugle slaaes, vil en lydelig, klar og

bestemt Tone frembringes, fordi en Halvkugle tillader Spændigheden aldeles at yttre sig, d. e. vil for et Øieblik forandre sin Figur, saa at en Lyd kan fremstaae; paa Grund heraf have og Klokker, der bruges i Uhre eller paa Janitschar-Instrumenter, Form af en Halvkugle. Ildvaabens Skrald, Pidskesmæld, Haandklap, ja endog Tordenskrald ere paa lignende Maade frembragte ved pludselige Stød, der ere meddeelte Luften og forplantes til Øret ved paa hinanden følgende Zittringer eller Svingninger i Luften. Dog er Luften ikke den eneste Leder for Lyd, men alle tørre spændige Legemer forplante den, skjøndt mere eller mindre hurtigt og bestemt end Luften. Saaledes vil den mindste Banken paa Enden af et langt Stykke Tømmer høres aldeles bestemt, naar man lægger Øret til den anden Ende. Lyd frembringes i Luften ved at denne sættes i en bølgende Bevægelse, lig den, som frembringes, naar vi kaste en Steen i roligt Vand; det lydende Legeme er saaledes i Midtpunctet, og rundt om dette danne sig Bølger, der blive svagere og svagere, jo mere de fjerne sig fra Midtpunctet, indtil de omsider blive for svage til at frembringe nogen Virkning paa Hørenerverne. Paa denne Maade kunne vi sige, at Lyd gaaer igjennem Luften, og den Hurtighed, hvormed dette skeer, er 1075 Fod i eet Secund. At Lyden saaledes strider frem og bevæger sig med en vis Hurtighed, kunne vi spore paa forskjellige Maader: Lyset bevæger sig med en uendelig Hurtighed, hvorom vi af andre Grunde kunne overbevise os; see vi nu f. Ex. en Brændehugger i nogen Frastand, saa ville vi allerede kunne skjelne imellem de to Øieblikke, det ene, i hvilket vi see Øxen falde, det andet, i hvilket vi høre dens Slag mod Træet, og jo længere Brændehuggeren er borte, desto mere ere disse Øieblikke fjernede fra hinanden. Sikkrere kunne vi bestemme dette, naar to Jagttagere forene sig, og den ene stiller sig med en Pistol og den anden i en Afstand af een, to, tre Gange 1075 Fod med et Secundur: fyrer nu den første Pistolen af, vil den anden nøiagtigen, i Forhold til Afstanden, tælle een, to, tre Secunder imellem Glimtet og Lyden. Forskjellige Naturlærere have angivet Veien, Lyden gjennemløber i eet Secund, noget for-

skjelligt, den her angivne støtter sig paa de Forsøg, der ere anstillede af det franske Academie paa en Grundlinie af henved 90000 Fod. Luftens Beskaffenhed, om det er skyet eller klart, tørt eller fugtigt Veirligt, gjorde ingen kjendelig Forskjel, men vel Vinden, som, naar den blæste i Retningen af Lyden, bragte denne til at bevæge sig hurtigere, imod den, langsommere; Sidevinde forandrede ikke mærkeligt Hurtigheden. Høie og lave Toner, stærke og svage, bevæge sig lige hurtigt; vi overbevises derom ved at lade ved den ene Ende af et langt Rør spille et musikalskt Stykke, som høres sammenhængende ved den anden, og ved at gjøre Forsøg med forskjellige Lyd, saasom af Kanoner, Pistoler o. s. v. Da vi kjende Hurtigheden af Lyden, ville vi være istand til at maale Fraskanden af en Tordenskye, idet vi tælle Secunderne, der ere imellem Lynglimtet og Tordenskraldet; i Mangel af et Secundhur, kan man betjene sig af Pulsslaget, thi et vorent Menneskes Puls slaaer blot lidet hurtigere end Secunder, og altsaa vil Forskjellen i de 4 til 5 Pulsslag, som tælles, være umærkelig. Lyden forplanter sig ulige gjennem forskjellige Gjenstande; man kan prøve det ved at lægge Øret til en lang og tør Muur, og lade banke paa den i Afstand, man hører da to Lyd, een først formedelst Muren, en anden igjennem Luften; Biot har gjort det samme Forsøg med et langt Vandledningsrør, og fundet at Lyden forplantede sig $10\frac{1}{2}$ Gang saa hurtigt i støbt Jern som i Luft.

Lyd, ligesom Lys, kan tilbagekastes, og da opstaaer Gjenlyd (Echo). Tale vi saaledes imod en noget fjernet Muur, da støder Lyden imod denne og kastes atter tilbage, eller vi ville atter høre de udsagte Ord, som om de kom fra Muren imod os. Der kræves, at den Gjenstand, der frembringer Gjenlyden, skal være saa meget fjernet, at Gjenlyden ikke blander sig med den Lyd, hvoraf den frembringes, og hertil kræves en Afstand af omtrent 40 Alen. Er Afstanden større, da kan Gjenlyden endog frembringe flere Stavelser, som tydeligen kunne høres, hvis saaledes f. Ex. Afstanden er omtrent 500 Fod, da vil Lyden næsten bruge eet Secund for at gaae frem og tilbage, og omtrent 8 Stavelser ville da tydeligen ved Gjenlyden lade sig høre. Befinde sig flere Gjenstande bag

hinanden, som kunne frembringe Gjenlyd, saa lader denne sig høre dobbelt, tredobbelt o. s. v. Det er iøvrigt just ikke nødvendigt, at en saadan modstaaende Gjenstand findes, tale vi ind i et paa Siderne indesluttet Rum, f. Ex. et Rør, saa vil den indesluttede Luft bringes i Svingning, og, idet Lyden tilbagekastes fra Siderne af Røret, ville Svingningsknuder opstaae, der ville bringe Lydbølgerne tilbage, og saaledes vil ogsaa da Gjenlyd opstaae; vi kunne derfor forklare os, hvorledes den ofte imellem Klipper, selv hvor ingen bestemt modstaaende Gjenstand findes, lader sig aldeles bestemt høre. For Lydens Tilbagekasten fra bestemte Gjenstande gjælde samme Regler, som for Lysstraalerne, eller at Lyden tilbagekastes under en Vinkel, ligestor med den, under hvilken Lydstraalen falder ind. Herpaa grunde sig adskillige akustiske Kunststykker, eller Indretninger, som have deres Grund i Lydens Tilbagekasten. Hvis saaledes Fig. 71 forestiller Gjennemsnittet af en elliptisk Hvælving, og *f* og *g* ere de to Brændpuncter i Ellipsen, ville alle de Straaler, *gh*, *gi*, *gk*, *gl*, *gm*, der udgaae fra Punctet *g*, ifølge Ellipsens Egenskaber, brydes saa at de brudte falde i det andet Brændepunct *f*; staaer altsaa en Person i *g*, og en anden befinder sig just i *f*, da vil Personen i *f* høre noiagtigt og bestemt hvad der siges, endogsaa nok saa sagte, i *g*, da alle Lydstraalerne samles i *f* og tillige Lyden efter enhver brudt Retning, saasom *gh* og *hf* eller *ig* og *if* o. s. v., har lige lang Vei at gjennemløbe. I en kugleformet Kuppel vil Lyden bestandigen brydes langs Væggen, saa at, hvis et Gallerie er inden i samme, og en Person befinder sig i et Punct af dette, vil en anden i et andet Punct ligeledes høre dennes Stemme forstærket.

Gjenlyd frembringes i ethvert nok saa lidet Værelse, men er Værelset for lidet, smelter Gjenlyden sammen med den Lyd, der frembragte den, og vi høre ene Lyden forstærket ved hiin, som da kaldes **Gjenklang** (Resonants). Bliver Værelset noget større, da er denne ofte skadelig, saasom i Concertsale, efterdi Tonerne erholde en urigtig Vedvaren. Man kan vanskeligen aldeles forekomme denne, men alt, som gjør Overfladen ujevn, saasom Bygnings-Zirater, Loger, Betræk o. s. v. for-

mindste den i høi Grad, og ofte forhindrer man, at ikke et løst Skillerum eller et Loft skal give Gjenklang, ved at man bag samme lægger Saugspaaner.

Efterdi Lyden udstraaler i enhver Retning, vil den, selv om den føres i lang Afstand, ikke betydeligen formindskes, naar denne Udstraalen forhindres. Paa Grund heraf virke **Talerørene**, som ere anbragte i Bygninger, og hvorved, hvad der tales i den ene Ende af en Bygning, høres i den anden, naar man lægger Øret til Talerøret. Det berømte Kunstværk med den **usynlige Pige**, som i Aaret 1806 vakte megen Opsigt i London, og som ogsaa forevistes her, grundede sig ene i et saadant Talerør, der endte sig paa en usynlig Maade i Værelset, hvori Forestillingen gaves, og stødte Lyden i den brede Ende af en Raaber, i hvilken dannedes en Gjenklang, saa at Røsten, der svarede paa de gjorte Spørgsmaal, syntes at komme fra det Indre af den Kugle, hvorfra Raaberne udgik.

Raaberen har ogsaa den Egenskab, at den fører Lyden bort i en lang Afstand, ved at den forekommer dens Udstraalen, og bringer den formedelst en Bryden imod Siderne af Røret til at gaae ud ligelobende med Axlen af Røret. Nogle have antaget, at den meest passende Skikkelse for Røret var den, som en Parabel frembringer ved Omdreien om sin Axel; hvor Munden da burde stilles i Brændpunctet af Parablen. Men ved at forsøge med forskjellige krumme Linier, har man fundet, at den logarithmiske Linie eller **Logistiken** er den Linie, der giver den bedste Skikkelse, og derfor anvendes denne ogsaa almindeligen. Denne tegnes saaledes: paa Axlen *no* (Fig. 72) afsættes i lige Afstand Puncterne *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, nu vælges *ag* og *bh* og fremdeles gjøre vi $ag : bh = bh : ci = ci : dk$ o. s. v. eller afsætte Linierne *ag*, *bh*, *ci*, *dk* o. s. v. i en fortsat sammenhængende Proportion eller i en geometrisk Progression. Hvis saaledes f. Ex. *bh* er $1\frac{1}{10}$ Gange *ag*, saa gjøres *ci* atter $1\frac{1}{10}$ Gange *bh* o. s. v. Denne Form er tillige den meest tjenlige til at modtage Lydstraaler, og anvendes derfor ogsaa bedst til **Høreրør**. Man lader i Almindelighed ogsaa

Taleroret ende sig i to saaledes dannede Tragter, hvis Axler ligge i een Linie.

Maaden, hvorpaa Høresandsningen foregaaer, og hvorledes vi bringes til at skjelne imellem forskjellige Lyd, synes at være indhyllet i samme Mørke, som det, der hviler over alle Physiologiens finere Gjenstande. Alt, hvad der vides om Ørets mechaniske Indretning og Virksomhed er det, som i det Følgende korteligen fremsættes. Det ydre Øre, som Mennesket næsten bestandigen holder ubevægeligt, har en Dannelse, der paa en beundringsværdig Maade opfanger Lydstraaler fra alle Kanter og bringer dem til den indre Huulning, hvorfra de forplante deres Virkning til Hørenerverne. Hos Dyr, er Skikkelsen af det ydre Øre høist forskjellig og oftest aldeles særegent indrettet til at opfange fra en bestemt Kant Lyden, hvorfor de ogsaa bevæge det, saa at de stille det imod det Sted, hvorfra Lyden kommer; i ethvert Tilfælde, baade hos Menneskene og Dyrene, tjener saaledes det udvendige Øre til igjennem **Høregangen** at forplante Lyden ind til Ørets indre Dele; Høregangen ender sig i en udspændt Hinde, som kaldes **Trommehinden**, der aldeles slutter Høregangen; imod Bagsiden af denne Hinde staaer Skaftet af det Been, som efter sin Form kaldes **Hammeren**; Hovedet heraf bevæger sig paa den ene Side i en liden Beenfure, paa den anden Side er det forbundet med et andet lidet Been, kaldet **Ambolten**, hvis anden Ende atter slutter sig til et meget lidet **rundagtigt Been** og til **Stigbøilen**, som forneden er forbunden med en Hinde, der er udspændt over det **ovale Vindue**, som er Aabningen til den Beenhuulning, som kaldes **Forgaarden**, denne er atter formedelst fem Aabninger forbunden med tre hule Rør, som kaldes de **halvcirkelformede Canaler**. Den snævrere Deel af Forgaarden aabner sig i et andet høist forunderligen bygget Organ, kaldet **Snekken**; i Skikkelse ligner det aldeles et Sneglehuus, det er kegleformet og har 2½ Omdreining fra Foden til Spidsen. Skrugangen, som saaledes dannes, er deelt i to andre Skrugange, der ligge over hinanden, ved en Skillevæg, der imod Midten er haard og af Been, ud imod Siden derimod tynd og som en blød Hinde, den øvre Gang gaaer

ud i Forgaarden, og ind i den nedre vilde det forhen omtalte ovale Vindue gaae, hvis det ikke var tilsluttet med den tynde Hinde, hvortil Stigbøilen er hæftet. **Høренerven** gaaer ind i Forgaarden igjennem forskjellige smaae Huller og danner en besynderlig Fletning saavel over denne som over de halvcirkelformede Canaler og Snekken, ind i hvilken den gaaer, idet den spænder sig imellem de to Hinder, der danne den forhen omtalte Skillevæg, og, efter at være gaaen frem til dens tynde Kant, deler den sig paa en yderst fiin Maade og bliver saaledes det mere umiddelbare Høreorgan. De forskjellige Huulninger ere fyldte med en klar Vædske, af hvis afvexlende, men ringe, Sammentrykning og Udvidning, Høresandsen synes at afhænge. Thi Lydbølgerne, der først gaae ind i Høregangen, opfanges af Trommehinden, som sættes i en zittrende Bevægelse, denne meddeles Hammeren, som slutter til denne Hinde, og, da Hammeren og Ambolten ere Vægtstænger, der gribe i hinanden, saa vil deres Bevægelse forplante sig igjennem det rundagtige Been til Stigbøilen, der virker som et Stæmpel, og bevæger sig aldeles tætsluttende i Forgaardens ovale Vindue, idet den er hæftet til Midten af den Hinde, der dækker det ovale Vindue, og som atter er forbunden med den beenagtige Kant af Forgaarden. Enhver Bevægelse, som Stigbøilen faaer, vil saaledes stræbe at sammentrykke eller udvide Vædsken i Forgaarden, de halvcirkelformede Canaler og Snekken, og altsaa bringe den til at trykke med forskjellig Kraft mod de fine og smaae Nerver, hvoraf disse Ledemode ere bedækkede. Forgaarden nedsender ogsaa et Rør imod Bagdelen af Munden, hvilket kaldes det **eustachiske Rør**, og som antages at hjælpe Hørelsen ved at modtage de Lydstraaler, som gaae ind i Munden. Hele Høresandsen synes vel altsaa at være afhængig af en mechanisk Virkning paa Orets Dele, skjøndt vi ingenlunde maae paastaae, at vi nøiagtigen kunne gjøre Rede for hver enkelt Deels Virksomhed; thi de andre Dyreclasser, der ligesaavel kunne høre, have anderledes eller mindre uddannede Høreredskaber: saaledes mangle Fuglene det ydre Øre; Fiskene og de fleste Amphibier have blot Forgaarden og de halvcirkelformede Canaler; Insecterne og Ormene mangle endogsaa disse sidste.

Trommehinden antages i Almindelighed, som den, der ved sin zittrende Bevægelse forplanter Lyden til det Indre af Øret og Hørenerverne; man kan ogsaa saaledes forklare, hvorfor, naar denne angribes af Forkjølelse eller bedækkes af Ørevoxet, Tunghørhed opstaaer, men ofte skaffes paa den anden Side Hørelsen atter tilveie, naar Trommehinden ved en chirurgisk Operation gjennembores.

For at et Legeme kan frembringe Lyd er det nødvendigt, at det kan svinge frit, og at det staaer i Berørelse med saadanne spændige Legemer, som kunne forplante Lyden. Derfor, hvis et Glas eller en liden Klokke slaaes, saa at der frembringes Lyd, og man lægger Fingeren paa samme, vil Klangen strax ophøre, fordi Svingningerne standses, deraf vil man indsee Brugen af Dæmpere i Fortepianoer og andre musikalske Instrumenter; trykke vi derimod Haanden mod en stor Kirkeklokke, idet den svinger, da vil dens Tone derved ikke væsentligen lide, efterdi en saa stor Masse vil have tilstrækkeligt Moment til at modstaae et ringe Tryk. Ophæng en Klokke under Klokken af en Luftpumpe, saaledes at den kan sættes i Bevægelse, uden at støde an imod Sidevæggen, Dækpladen eller Pumpetallerkenen; saalænge Luften forbliver inde i Luftpumpens Klokke, vil Klokkelyden høres bestemt, men udpumpes Luften, vil den næsten aldeles tabe sig. Dette Forsøg viser ei blot, at Luften er en Leder for Lyden, men tillige, at det lydende Legeme maa staae i Berøring med et spændigt; thi, dersom Klokken rører Glassæt eller Messinget, vil dette meddele den ydre Luft Lyden, hvorved den høres.

Legemernes Svingninger rette sig efter Love, meget lige Pendulets (S. 27); store Legemer ville altsaa svinge langsommere end smaae, og jo langsommere Svingningen er, desto dybere er Tonen. Paa Grund heraf ere Strengene paa musikalske Instrumenter af ulige Længder og Tykkelser; thi, dersom to Strenge af lige Tykkelse, af hvilke den ene er dobbelt saa lang som den anden, ere lige meget spændte, vil deres Svingningers Antal staae i omvendt Forhold til deres Længder, eller den korte gjøre dobbelt saa mange Svingninger, som den lange; fremdeles, hvis to Strenge ere lige lange, men

deres Tykkelser ere saaledes, at den ene i Gjennemsnit just er dobbelt mod den anden, ville, naar begge ere lige spændte, ogsaa Svingningernes Antal forholde sig omvendt som Gjennemsnittene eller den tyndere Streng svinge dobbelt saa hurtigt som den tykkere. Det er paa Grund heraf, at Basstrengene paa de fleste Instrumenter ere overspundne, for at give dem den fornødne Tykkelse, saa at de kunne angive den dybe Tone uden at have en ubequem Længde. For det tredie, hvis Strengene ere aldeles lige, men spændes af ulige Kræfter, ville Svingningernes Antal forholde sig som Qvadratrødderne af de spændende Kræfter. Almindeligen bringes paa Instrumenter Spændinger tilveie ved Skruestifter, men ved Forsøg maa man anvende forstjellig Vægt. Spændes saaledes to lige lange og lige tykke Strænge, den ene med en Vægt af 4 ℔, den anden med en Vægt af 1 ℔, vil, da Qvadratrødderne af 4 og 1 ere 2 og 1, den ene fuldbyrde dobbelt saa mange Svingninger som den anden i lige Tid.

Naar to eller flere Legemer bringes til at tone sammen, ville nogle af deres Svingninger falde sammen efter visse Mellemrum, jo kortere Mellemrummene ere, eller jo flere Svingninger af deres Toner falde sammen, desto lettere falder Toneforholdet i Øret. Det fatteligste Toneforhold er det, som finder Sted imellem to Strenge, der give nøiagtigen den samme Tone, eller gjøre i samme Tid lige mange Svingninger; dette Toneforhold kaldes **Eenklangen** eller unisono; dersom Svingningernes Antal forholde sig som i ovenanførte Tilfælde, som 2 til 1, saa er Toneforholdet let fatteligt og kaldes en **Octav**; ere Svingningerne som 3 til 2, eller som $1\frac{1}{2}$ til 1, d. e. 3 Svingninger af Strengen, der angiver den høiere Tone, optage lige saa lang Tid som 2 af den, der angiver den dybere Tone, saa kaldes Toneforholdet en **Qvint**; disse to Toneforholde kaldes **consonerende**, ligeledes den **store Terts**, som bestaaer af to Toner i Forholdet 5 til 4 eller $1\frac{1}{4}$ til 1. Er Toneforholdet derimod mindre let fatteligt, som f. Ex. **Qvarten**, der er 4 til 3 eller $1\frac{1}{3}$ til 1, eller den **store Sext**, der er som 5 til 3 eller $1\frac{2}{3}$ til 1, kaldes det **dissonerende**. Vi kunne let paa en enkelt Streng frembringe disse forskjellige

Toneforholde, trykke vi den just i Midten, da giver den en Tone, en Octave høiere, end den løse Strengs; trykkes den i en Afstand af ⅓ fra een af Enderne, da udgjør den frembragte Tone en Qvint til den løse Strengs Tone. Dette skeer ogsaa af Naturen, uden at vi behøve at trykke Strengen; thi sættes den i Svingning, da deler den sig selv i Dele, og saaledes høres Tertsen, Qvinten og Octaven til den løse Strengs Tone. Dette oplyses ved **Æolusharpen**, paa hvilken alle Strengene ere spændte eenstonende eller i unisono, og, naar denne udsættes for en Trækvind, da opstaaer en vild, men behagelig, Blanding af Toner, som frembringes ved de naturlige Inddelinger, Strengene under deres Svingning erholde.

Lydbølgerne, som frembringes ved et lydende Legeme, have en mærkelig Kraft over alle andre Legemer, der kunne angive samme Tone, og ville sætte disse, skjøndt de ere langt borte, i en zittrende Bevægelse. Dette kaldes **Tonernes Sympathie**. For at bevise denne Virkning spænd to sædvanlige Violin- eller Harpestrenge i to dissonerende Toner nær hinanden, i nogen Afstand spænd en tredie just i samme Tone, som een af de to første; slaae vi nu den Streng an, som ikke er i Tone med nogen af de andre, da ville de to andre, selv den der er aldeles nær, forblive ubevægede, hvorom vi kunne overbevise os ved at hæfte et lidet Stykke Papiir paa Midten af de to andre Strenge; sættes derimod den fjernede i Bevægelse, vil strax den, der er spændt i samme Tone, klinge, hvilket vi ogsaa kunne gjøre synligt, ved ligeledes at paahænge den et lidet Stykke Papiir, som da sættes i stærk Zittren, og i Almindelighed falder af. Det samme viser sig endnu, naar Strengene ere spændte i Octav. Vi kunne saaledes forklare os, hvorfor et Strengeinstrument, saasom en Harpe, giver Gjenklang af enhver bestemt Tone, som lyder nær det.

Ved blæsende Instrumenter træder en Luftcolumne, eller den Luft, som er inden i Instrumentets Rør, istedetfor Strengene ved andre Instrumenter. Jo længere Luftsøilen er, desto dybere er Tonen, den maa ansees at være endt, hvor Instrumentet har en Sideaabning. Luftsøilen sættes i Svingning ved at den anblæses fra Siden, som Tilfældet er med Fløiten,

eller ved en mechanisk Indretning, som Orgelpiberne, eller ved et eget Mundstykke som Clarinetten, Fagotten o. s. v.

Man har sammenlignet de 7 enkelte Toner, som findes i en Octav, eller som ligge imellem to Toner, af hvilke den ene er dobbelt saa høi, som den anden, dog een af disse iberegnet, med Farverne i Regnbuen; man har endogsaa tænkt sig, at, ved at blande Farverne, ligesom Tonerne følge paa hinanden, kunde en behagelig **Farvemusik** opstaae. See vi hen til, at Maleriet og Musiken paa en høist forskjellig Maade behage, hiint ved Farver, der ligge ved Siden af hinanden, denne ved Toner, der hurtigere eller langsommere følge paa hinanden, saa ville vi indsee, at Farvemusiken eller en Sammenligning imellem Farver og Toner blot kan være et Spil med Talforholde, som ikke engang for begge ere lige. Nogle flere Bemærkninger om de musikalske Toner, forsaavidt som de ere Gjenstande for Naturlæren, findes i **Eulers** Breve til en tydsk Prindsesse, oversatte af Pflueg, Brev 4 til 8.

Syvende Afsnit.

Vandtrykkære.

Vandtrykkæren eller Hydrostatiken har til Gjenstand Undersøgelsen af de mechaniske Love, som styre Bevægelsen, Trykket og Ligevægten af Vædsker, eller usammentrykkelige flydende Legemer, og deres Virkninger paa faste Legemer, som ere nedsænkede i dem eller flyde paa dem. Læren om Vandets Bevægelse og især om de forskjellige Pumper eller andre Maskiner, hvori det bevæger sig, eller som bevæges af dette, afhandles i følgende Afsnit, som afhandler **Vandets Bevægelseslære** eller **Hydrauliken.**

At Vandet var usammentrykkeligt, havde man allerede længe formodet; de første nøiagtige Forsøg for at bevise dette, vare de, der anstilledes af Academiet del Cimento i Florents i Aaret 1650. Man indesluttede Vand i en Kugle af Sølv, og trykkede paa Vandet med en aldeles tætsluttende Skrue; Vandet trykkedes med en saare stor Kraft, men hellere end at give efter, svedte det ud allevegne igjennem Sølvet, og viste sig udvendigen paa Kuglen som Dug. Dette Forsøg kaldes i Almindelighed efter Byen, hvori det anstilledes, det **florentinske**; Forsøget, som tidligere havde været anstillet, men efter en mindre Maalestok af **Bacon**, og siden nøiagtigen gjentoges af **Musschenbroek** med Kugler af Guld, kunde ikke ansees som afgjørende, da, efterat Duggen var aftørret, en ny atter kom frem, hvoraf man burde have sluttet sig til, at Vandet efterhaanden udvidede sig, altsaa havde været sammentrykt, men især af den Grund, at Vandet var taget, som det almindeligen findes, istedetfor det først burde have været udkogt eller renset for Luften, der var i det.

Canton gjorde senere paa en anden Maade nøiagtige Forsøg; han indesluttede en Deel Qvikſølv i et temmeligen vidt Glasrør, og bemærkede det Punct, hvorpaa Qvikſølvet stod ved 8 Graders Varme; siden efter ophededes Qvikſølvet, saa at hele Røret fyldtes aldeles med det samme af Varmen udvidede Qvikſølv, nu tilblæstes Glasrøret aldeles, og afkjøledes dernæst atter til 8 Graders Varme; Qvikſølvet sank nu ikke nøiagtigen til det Punct, det forhen havde naaet til, men blev staaende omtrent 4 Linier høiere. Vi kunne heraf altsaa slutte, at, da Qvikſølvet i første Tilfælde var trykket af Atmosphærens Vægt, altsaa omtrent af 14 ℔ paa Qvadrattommen, i andet Tilfælde havde ovenfor sig et aldeles lufttomt Rum, saa vilde Vægten af disse 14 ℔ paa Qvadrattommen eller af een Atmosphære have bevirket en Sammentrykning i den Vædske Qvikſølv af 4 Linier. Samme Forsøg gjentoges siden med Vand, og, efterat det nøiagtigen havde været udkogt, og saaledes befriet fra den indesluttede Luft, behandledes det ligesom Qvikſølvet forhen, og saaledes fandt Canton, at Vandet med en Kraft af een Atmosphære, ved $13\frac{4}{10}$ Graders Varme, sammentrykkes 44 Milliondele eller næsten $\frac{1}{22\,000}$ af sit Omfang. Vi indsee imidlertid, at denne lille Størrelse fortjente nøiagtigere at bestemmes ved Forsøg; saadanne ere ogsaa fremdeles senere anstillede af Abich og Zimmermann i Brunsvig; de anvendte en egen Compressions-Maskine og tilveiebragte derved med megen Møie overordentligen store Tryk; de gjorde Forsøg med forskjellige Vædsker, Vand, Mælk, mættet Saltopløsning, Olie o. s. v., og fandt alle sammentrykkelige, naar blot tilstrækkelig Kraft anvendtes.

Nogen Usikkerhed, som fandtes i de af Abich og Zimmermann angivne Maal, og en heraf flydende tilsyneladende Uovereensstemmelse imellem disse Forsøg og Cantons, foranledigede Professor, Ridder Ørsted til paa ny at undersøge Vandets Sammentrykkelighed, ved at anvende en Sætning, som vi senere ville fremsætte, at det Tryk, som udøves paa en enkelt liden Deel af Overfladen af en indesluttet Vædske, virker ligesom om et aldeles lignende Tryk fandtes paa enhver ligesaa stor Deel af hele Overfladen, bragte han med langt

mindre Kraftanvendelse, end den Abich havde brugt, Tryk tilveie fra $\frac{1}{7}$ til 5 Atmosphærer, og fandt saaledes paa det Nøiagtigste Resultaterne af Cantons Forsøg bekræftede.*)

Et mærkeligt Beviis for Vandets Sammentrykkelighed udledes endvidere af de Forsøg, som Amerikaneren Perkins,**) der nu opholder sig i England, under sin Søreise har anstillet. Han lededes til disse ved Betragtning af en simpel, men hidtil uforklaret, Ting, nemlig: naar en Flaske, fyldt med ferskt Vand og vel proppet, nedsænkes ved en Vægt, dybt i Havet, saa finder man stedse, naar den atter hales op, Proppen enten aldeles nedstødt i Flasken, eller dog trykket et Stykke ned i Halsen og selv i sidste Tilfælde har det ferske Vand stedse modtaget en saltagtig Smag af Søvandet. Det forekom ham, at dette ikke kunde lade sig forklare, med mindre man antog, at Vandet var sammentrykkeligt. Han gjentog derfor dette Forsøg, efterat have gjort Propningen saa sikker som muligt ved at binde Flasken til med Seildug og dernæst tilkitte den, og overbeviste sig saaledes om, at ingen Propning vilde holde denne Virkning ude, naar blot Søen var tilstrækkeligen dyb. Nu forfærdigede han et Apparat, lig det, der er afbildet Tavle VII, Fig. 73, hvor *pp* er en stærk Messingstøvle, indvendigen omtrent 3 Tommer viid og 2 Fod lang, som er aldeles vand- og lufttæt; *qq* er en nøie afdreiet Stempelstang, der bevæger sig ned i Støvlen igjennem den aldeles tætsluttende Bøsning *r*, paa Stangen *qq* er en Springring *s*, som kan bevæge sig op og ned ad Stangen, men har Rivning nok til at blive staaende paa hvilketsomhelst Sted af Stangen. Naar Instrumentet skal bruges, sluttes det i et stærkt Messinghylster, der har endeel Huller, paa det at Apparatet ved at støde

*) Hr. Prof. Ørsted har givet omstændeligere Beretning om sine Forsøg, deels i 2den Udgave af sin Naturlære S. 265, deels i Oversigten over det kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Forhandlinger 1814-1822. Side LXXIX.

**) Det er den samme Perkins, der siden er bleven saa berømt for Anvendelsen af Damp af høiere Spændkraft til at drive Dampmaskinen og til at træde istedetfor Krudtet ved Betjening af Skyts.

imod forskjellige Gjenstande ikke under Forsøget tilfældigviis skal bringes i Uorden. Det hele Redskab lader sig nu just sammenligne med den proppede Flaske, Støvlen *pp* kan kaldes Flasken og Stæmplet *qq* Proppen. Naar Forsøget skal anstilles, fyldes Støvlen først aldeles med omhyggeligen udkogt, og saaledes fra Luft befriet, Vand, Stangen *qq* stikkes ind i *r*, og Ringen *s* trykkes heelt ned imod *r*, Apparatet skrues dernæst ind i Hylsteret; saaledes sænkede Perkins det nu ned i det atlantiske Hav 500 Favne dybt, og, da han atter trak det op, var Alt i den Stilling, hvori det nedsænkedes, undtagen Ringen *s*, som stod 8 Tommer oppe paa Stangen *qq*, og saaledes viste, at denne havde været dreven 8 Tommer ned i Støvlen, overensstemmende med den Sammentrykning, det indvendige Vand havde lidt af det udvendige Tryk af 500 Favne Vand. For endnu mere at bekræfte dette Forsøg, indesluttede Perkins det samme Apparat i en stærk Jernkanon, hvis Løb fyldtes med Vand, og hvis Fænghul og Munding sluttedes med en stærk Plade, dernæst dreves Vand ind med en liden Trykpumpe, indtil en belæsset Sikkerheds-Ventil udviste just det samme Tryk, som forhen af de 500 Favne Vand; ved dernæst at aabne Apparatet, fandtes Ringen atter skudt 8 Tommer op. Dette sidste Forsøg, som gandske nyligen er anstillet, har Perkins meddeelt Forfatteren af dette Værk, Prof. **Millington**.

Ved Perkins's Forsøg, ligesom ogsaa ved Abichs, er tillige Vandets Spændighed godtgjort; da nemlig Trykket ophørte, forblev Stangen ved Perkins's Apparat ikke nede i Vandet, men sprang tilbage, saa at blot Springringen udviste, at en Sammentrykning havde fundet Sted; ligeledes sprang Stæmplet ved Abichs Compressions-Maskine tilbage, saasnart Trykket ophørte. Saaledes bevistes altsaa Vandets Spændighed, som man allerede tidligere og med Rette havde sluttet sig til, baade deraf, at en Steen, som kastes skraat mod Vandet, springer atter op fra Vandet, og tillige deraf, at Lyden forplanter sig igjennem Vandet. Dog, da der kræves, som vi have seet, en overordentligen stor Kraft for at sammentrykke Vandet, og altsaa dets Spændighed kun sjeldent kan have Leilighed til at

vise sig, indsee vi, hvorfor man længe har troet sig beføiet til at nægte Vandets Sammentrykkelighed saavelsom dets Spændighed, og tillige at vi i Vandtryklæren ikke behøve at anse Vandet anderledes, end som usammentrykkeligt og uspændigt, da det Tryk, det lider i de forskjellige Vandmaskiner, er for ringe til at frembringe nogen kjendelig Sammentrykning eller nogen Yttring af Spændighed.

Vædsker have Vægt og tynge mod Jorden, i Forhold til deres Tæthed, paa samme Maade, som faste Legemer; da der nu ingen Sammenhæng er imellem deres enkelte Dele, kunne de ikke antage nogen særegen Form eller Skikkelse; men rette sig stedse efter det Kar, hvoraf de indesluttes, og udøve ogsaa, ifølge deres Tyngde, et **Sidetryk** mod Væggene af Karret. Da de saaledes ei blot trykke nedad, men ogsaa til Siderne, vil ingen Vædske forblive i Ligevægt, med mindre dens Overflade i ethvert Punct staaer lige langt borte fra Jordens Midtpunct, eller er, som det almindeligen kaldes, et **vandret** eller horizontalt Plan, ihvorvel nøiagtigen regnet, Overfladen ikke er aldeles plan eller lige, men deeltager i Jordens Krumning (S. 16). Vi indsee, at det er paa Grund heraf, at en Vædske for at sætte sig i en saadan Ligevægt stedse løber fra det høiere Sted til det lavere.

For at forklare, hvorledes Overfladen af Vædsker bliver plan og vandret, kan man ret passende antage, at de Smaadele, hvoraf de ere sammensatte, ere stillede saaledes, at de danne Søiler, som det er afbildet i Fig. 74; antage vi nu alle Smaadelene at være af samme Vægt og Størrelse, ville de 6 paa den ene Side just være i Ligevægt med de 6 paa den anden Side, (medens begge Søilerne understøttes ved Bunden af Karret) og de øverste Dele altsaa staae lige høit; tænke vi os nu paa den ene Side de to øverste Smaadele t og v borte, kan Ligevægt ikke længere finde Sted; thi nu findes 6 Dele i den ene Søile, medens der kun ere 4 i den anden for at modstaae og trykke imod hine 6; Følgen heraf vil være, at den høieste Søile vil falde ned. Delen u vil falde til Stillingen y, medens den, der er betegnet med x, vil stige til Stillingen v, og Ligevægt vil atter bringes tilveie, da der ere

5 Smaadele paa hver Side. Ethvert Kar, hvori der er en Vædske, maa antages fyldt med uendeligt mange saadanne Søiler, hver bestaaende af uendeligt mange Smaadele (for ikke at foraarsage Forvirring have vi kun afbildet to saadanne Søiler i Figuren). Hvorfor Legemer flyde paa Vædsker eller synke ned i dem, lader sig forklare paa samme Maade; thi, naar et fast Legeme nedsænkes i et flydende, jager det en Deel af Vædsken af Veien og gjør saaledes Søilerne under det kortere og derfor lettere end dem, der omgive det. Vi behøve da blot at antage, at de to Smaadele *t* og *v* forestille et Legeme, som tildeels er nedsænket i Vandet og flyder nær dets Overflade; Søilerne under dette Legeme ville være kortere end de, der omgive det, men Legemets Vægt bliver en Modvægt mod de omgivende længere Søiler og maa i ethvert Tilfælde just være lig Vægten af det Vand, det jager af Veien; thi ellers vilde det ikke flyde, eftersom alle Legemer, der ikke saaledes ere istand til at kunne blive i denne Ligevægt, eller med andre Ord, ere saa tunge, at deres lille Omfang ikke vil tillade dem at jage af Veien saameget Vand, som i Vægt er lig det, de selv veie, unndgaaeligen ville synke. I Almindelighed ville altsaa alle Legemer, der ere lettere end et lige Rum af Vand, flyde, alle, der ere tungere, synke, med mindre man lægger dem i en Baad eller et huult Kar, som ved sit Omfang tillader dem at bortjage mere Vand, end deres egen Vægt, da de saa ville flyde. Et Skib, der veier een Million Pund, maa saaledes bortjage een Million Pund Vand fra den Huulning, det gjør fra dets Bund indtil dets Vandlinie, og det er saaledes ved at udregne dette Rum, og beregne, hvad dette vilde veie, fyldt med Vand, at vi bestemme et Skibs Vægt, og tillige kunne vi bestemme dets Drægtighed ved at sammenligne det Vand, som det, naar det er ladet, bortjager, med det, som det kun, naar det var tomt, formaaede at bortjage.

Man kan bevise Sandheden af denne Sætning paa en meget tilfredsstillende Maade, ved at lægge Modellen af et Skib eller et andet Legeme, som kan flyde, i en Vægtskaal, og nøiagtigen opveie det ved at gyde Vand i den anden Skaal. Legemet lægges dernæst i et Kar, aldeles fyldt med Vand; medens

det nu tildeels sænkes ned, uddriver det af Karret en Masse Vand, som nøiagtigen er lig den, hvormed Legemet paa Vægtskaalen forhen opveiedes, og altsaa udgjør saaledes den Masse Vand, Legemet har fortrængt, just Legemets Vægt.

Den Ligevægt, som vi have antaget at finde Sted imellem Vandsøilerne, kan ret passende oplyses ved følgende høist simple Forsøg. Binde vi en slap Blære over et Lampeglas eller andet Glasrør, som er aabent i begge Ender, og dernæst hælde noget Vand i det, vil dette Vand spile Blæren ud nedefter, og dette vil ogsaa forblive Tilfældet, saasnart Røret stikkes ned i et Kar med Vand, saalænge som Vandsøilen i Røret staaer høiere end Vandet i Karret; men sænkes Røret saa dybt, at Vandet staaer lige høit baade i dette og i Karret, da bliver Blæren aldeles slap og viser saaledes, at Trykket er lige inden og uden, sænkes Røret endnu længere ned, da spiles Blæren atter ud, men opad; thi nu er Trykket nedenfra ikke aldeles hævet ved Vægten af Vandet i Røret.

Vi kunne forandre dette Forsøg ved at bruge et lignende Glasrør og forskjellige Metalplader, som anbringes til dets nederste Ende, som Tilfældet er i Fig. 75; men da maa Nederkanten af Røret y være sleben aldeles lige, saa at den kan slutte vandtæt til Metalpladen z. I Begyndelsen maa nu Pladen holdes til Røret ved Snoren a, indtil Røret sænkes til en vis Dybde, nemlig saamange Gange Pladens Tykkelse, som det Metal, hvoraf den bestaaer, er tungere end Vand. Bruge vi saaledes en Blyplade, maae vi, da Blye er $11\frac{1}{2}$ Gang tungere end Vand, sænke Røret $11\frac{1}{2}$ Gang Pladens Tykkelse ned, inden Ligevægt finder Sted; og, sænke vi det end dybere ned, vil Pladen bæres af den trykkende Vandsøile, saaledes at den vil hænge fast, selv om vi slippe Snoren. Ved dette Forsøg forudsættes, at intet Vand er i Røret; hvis noget er trængt derind, maae vi fraregne dette, eller vi maae sænke Røret saameget dybere ned, for at denne Vandsøile i Røret ogsaa kan bæres af det udvendige Tryk opad. Hindre vi dette Tryk opad fra at virke, da kunne vi endogsaa bringe et Legeme, der er langt lettere end Vandet, til at synke; hvis saaledes en Plade af Blye og en af Kork have saa nøiagtigen lige Over-

flader, at intet Vand kan trænge imellem, og begge Legemer nu lægges paa Bunden af et Kar, saaledes at det lettere ligger øverst, saa kan Karret fyldes med Vand, og det lettere Legeme vil dog ikke flyde oven paa. For at udføre dette Forsøg er det nødvendigt, saalænge Vandet indgydes, at holde det lettere Legeme ned med en Stok, saa at det aldeles forbliver i Berørelse med det tungere; thi hvis det mindste Vand kommer imellem, da danner sig strax et Tryk opad, som altsaa vil drive det lette Legeme i Veiret.

Uagtet de ovenstaaende Forsøg godtgjøre, at Trykket af Vædsker er en Følge af en mechanisk Ligevægt, som afhænger af, at Tyngden af lige Mængder af Materie virke imod hverandre, saa finder man dog ved nøiere Undersøgelse, at saadanne Tryk ene ere afhængige af den lodrette Høide og den Flade, hvorpaa der trykkes, men uafhængige af Vædskens Mængde eller Vægt. Thi endskjøndt 1 ℔ Vand, i og for sig kun kan tynge som 1 ℔, ville vi dog kunne bringe en saadan Vædske til at udøve et Tryk af mange Hundrede Pund; dette synes at indeholde en Modsigelse, og kaldes derfor med god Grund det hydrostatiske Paradox; vi ville let kunne vise det ved følgende aldeles simple Redskab: *bc*, Fig. 76, er et lidet Kar, bestemt til at indeholde Vand, og som er dannet ved at binde en stærk Blære om to cirkelrunde Træplader, hvoraf hver har en Tværlinie omtrent af 3 Tommer; den øverste Plade er fastskruet til Bordet *dd*. Lige over *cb* er indskruet et Glasrør *ef*, som er omtrent een Tomme vidt, og een Fod høit, og som gaaer ned i Pladen *c*; en Snoer gaaer igjennem Røret fra Bundpladen *b* op til Vægtstangen *gh*, paa hvis Ende *h* er en Vægt, der virker til at drage *b* op tæt imod *c*; denne Vægt maa indrettes saaledes, at naar Karret og Røret er fyldt med Vand just til Høiden *f*, *h* da nøiagtigen vil holde Ligevægt med samme. Undersøge vi nu Vægten i *h*, da er denne ikke den virkelige Vægt af det brugte Vand, men Vægten af en Vandsøile, hvis Tværlinie er 3 Tommer, og hvis Høide er *bf*. Efterat have gjort dette Forsøg, afskrues Røret *ef*, og i dets Sted sættes en stor Vase *iiii*, som er betegnet med det prikkede Omrids i Figuren; endskjøndt denne nu er meget større, og

vil rumme langt mere Vand, vil den ikke virke mere end det snævre Rør *ef* forhen virkede; thi, gyde vi Vand i denne Vase, vil det først opveie Loddet i *h*, naar det har naaet Høiden *f*, og aldeles ikke med større Kraft, end naar den langt mindre Vandmasse, som gydes i det snævre Rør, havde naaet samme Høide. Saaledes, saalænge Fladen af *b* bliver den samme og Høiden den samme, bliver Trykket paa *b* det samme, hvad enten vi anvende i et stort Kar en stor Vandmasse, eller i et snævert Rør en liden. Grunden til denne Besynderlighed er, at naar, som i første Tilfælde, Røret er snævert, danner det dog Vandsøiler, som trykke opad imod enhver Deel af *c*, og disse trykke atter tilbage og drive *b* nedad med samme Kraft, som om en heel Søile paa Grundfladen *b* var i Virksomhed; men paa den anden Side kan ikke større Virkning frembringes end den, der svarer til Grundfladen *b*, selv om det større Kar *iiii* anvendtes, thi vel dannes lignende trykkende Vandsøiler, men da der allerede i første Tilfælde virkedes paa *b* i ethvert Punct, kan ingen større Virkning opstaae. Paa Grund heraf, dersom to Kar, der ere runde, eller ogsaa have en anden Skikkelse, f. Ex. *k* og *l*, Fig. 77, have lige Grundflader, og Vandet staaer lige høit i begge, ville deres Bunde trykkes med lige Kraft, endskjøndt Vandmasserne ere høist forskjellige; thi Vandet i *k* vil virke som en Vandmasse *mmmm*, eller som et rørdannet Kar, paa Grundfladen af *k*; ligeledes vil Trykket paa *l*'s Grundflade være lig en lignende Vandmasse *nnnn*, der ogsaa kunde rummes i et rørdannet Kar, hvis Grundflade var *l*'s. Saaledes vil i sidste Tilfælde det Vand, som befinder sig imellem Karret *l* og Røret *nnnn*, ene trykke paa Sideveggen ikke paa Bunden af Karret.

Endvidere kan det Samme oplyses ved det Apparat, som kaldes **Vandtrykbælgen**; den er afbildet Fig. 78; den ene Deel af denne, *oopp* ligner en Blæsebælg, idet den bestaaer af to Plader, der ere forbundne med Læder, som aldeles vandtæt er fastnaglet til dem; *r* er et snævert Rør, som ender sig foroven i en Tragt og forneden bøier sig om og gaaer ind i den nederste Deel af Bælgen; naar nu en Vædske gy-

des i Tragten, vil den udbrede sig til Rummet *q* imellem Pladerne og altsaa drive den øverste op med betydelig Kraft. Hvis vi nu antage, at Røret er i Vide $\frac{1}{2}$ Tomme, og Vandet staaer deri 4 Fod høit, men at Bælgens Flader have en Tværlinie af 18 Tommer, ville vi med mindre end $\frac{1}{2}$ ℔ Vand kunne frembringe et Tryk af over 400 ℔. Ja endog ved samme Indretning, ville vi naar vi blot blæse i det snævre Rør, hæve *oo* i Veiret, og saaledes kan en Person stille sig paa Bælgen, og uden Møie ved at slutte Munden aldeles til Røret *r* blæse sig selv i Veiret. Det Hele maa synes urimeligt, men det lader sig let udlede af de fremsatte Grundsætninger: bore vi et Hul eet eller andet Sted i *oo* og indskrue i samme et Rør *s*, saa vil Vandet staae heri ligesaa høit som i *r*, og de to Vandsøiler i begge Rørene saaledes holde hinanden i Ligevægt. Men førend Røret *s* bliver indskruet, maa der have været et Tryk paa det Sted af Laaget *oo*, som Røret nu indtager, just lig Trykket af Vandsøilen i Røret; det Samme vilde være Tilfælde for hvert lignende Rør, der skruedes i Laaget, men er nu Røret *s* just lig *r*, altsaa har en Vide af $\frac{1}{2}$ Tomme, og Bælgens Flade derimod er 18 Tommer, saa vil, da Tværlinien af denne er 36 Gange saa stor som Rørets, Grundfladen af Bælgen være 36 Gange 36 eller 1296 Gange større end Rørets, og vi ville altsaa kunne tænke os 1296 saadanne Rør som *s* indskruede i *oo*. Er der altsaa gydet i *r* kun $\frac{1}{2}$ ℔ Vand og derhos blot saameget til, som kan rummes imellem *oo* og *pp*, saa trykker dette $\frac{1}{2}$ ℔ i *r* med en 1296 Gange saa stor Kraft eller med 432 ℔'s Kraft paa Laaget *oo*. Vi kunne altsaa belæsse Laaget med over 1 *Skl*., og dog holdes det med denne Vægt endnu i Veiret.

Det er mærkeligt, at, ihvorvel man saaledes har en stor Kraftvinding og en, man let kan erholde, den dog ikke har, undtagen til for gandske kort Tid siden, været anvendt til nogen betydelig Brug. Vel antydede Pascal i Midten af det 17de Aarhundrede Brugen heraf; men, enten formedelst den Ubeqvemmelighed at regjere en høi Vandsøile i Rør, eller af andre Grunde, blev en Maskine, hvori dette Princip anvendtes, ikke udført, førend den, for kort Tid siden, afdøde engelske Me-

chaniker **Joseph Bramah** anvendte det til Forfærdigelsen af sin beundringsværdige og berømte hydrauliske Presse, som nu anvendes næsten i ethvert Tilfælde, hvor stort Tryk kræves. Istedet for Bælgen i Apparatet, hvis Læder ikke vilde være stærkt nok til at modstaae et betydeligt Tryk, anvendte han et meget stærkt og vidt Metalrør, i hvilket et Stempel, omgivet med Læder, bevægede sig aldeles luft- og vandtæt; istedetfor den smalle høie Vandsøile, anvendte han en liden Trykpumpe, og ved dennes Hjælp kunde han saaledes tilveiebringe et Tryk, lig en Vandsøiles, endskjøndt den hele Presse kun indtog et lidet Rum. Fig. 79 viser Gjennemsnittet af en saadan Presse, *t* er her Stæmplet af det store Rør, der er dreiet udaf et heelt Stykke Metal, aldeles nøiagtigen rundt, og som foroven fører det nederste Pressebrædt *v*, *u* er Stæmplet af den lille Trykpumpe, hvilket ligeledes er en aldeles rund Metalstang og drives op og ned ved Haandgrebet eller Vægtstangen *m*. Det hele Redskab staaer almindeligen i en stærk Kasse *xx*, der indeholder Vand nok til at fylde begge Rørene, og saaledes vil Trykpumpens Sugerør, der gaaer ned i Vandbeholdningen, stedse være forsynet med Vand. Naar derfor Haandgrebet *m* bevæges i Veiret, vil Vandet hæve sig igjennem den kegledannede Ventil *z*, der aabner sig op i Bunden af Pumpen *u*, og, naar Haandgrebet trykkes ned, vil Vandet drives igjennem en anden lignende Ventil *a*, der aabner sig i en modsat Retning ind i Forbindelsesrøret imellem Trykpumpen og det store Rør *b*, som nu vil modtage Vandet, hvorved Stæmplet *t* vil hæves ved hvert Slag af Pumpen *u*. En anden liden kegledannet Ventil *c*, er ved en Skrue anbragt ved en Aabning af den nederste Deel af det store Rør; Hensigten af denne er at bringe Trykket til at ophøre, naar det er nødvendigt; thi, naar vi ved at skrue Skruen tilbage aabne Ventilen, vil det Vand, som indeholdes i det store Rør *b*, løbe ned i Vandbeholdningen igjennem Røret *d*, Stæmplet *t* vil da atter gaae ned, og det samme Vand, som tilforn har været brugt, kan atter bruges. En saadan Maskines Kraft er overordentligen stor; thi antage vi Haanden trykker paa Haandgrebet *m* med en Kraft blot af 10 ℔ og Indretningen af Vægtstangen er

saaledes, at den forøger Kraften blot 5 Gange, saa vil allerede den Kraft, hvormed Stæmplet *u* drives ned, være 50 ℔; lader os dernæst antage, at Stæmplet *t* staaer i et saadant Forhold til *u*, at dets Grundflade er blot 50 Gange saa stor som *u*'s, saa da 50 Gange 50 er 2500, vil Stæmplet *t* og Pressebrædtet *v* hæves med en Kraft af 2500 ℔. Men en Mand vil i en føie Tid kunne arbeide med 10 Gange saamegen Kraft, og altsaa hæve 25 000 ℔; han vilde udrette endnu mere, hvis der fandtes et større Forhold imellem Grundfladerne af *t* og *u*, og Vægtstangen *m* var indrettet til at give en end større Kraftvinding.

Denne Maskine virker ei blot som en Presse, men kan ogsaa bruges med Fordeel i mange andre Tilfælde, hvor stor Kraft kræves, f. Ex. som Donkraft, til at hæve Huse, rykke Træer op med Rod o. s. v. Indtil de seneste Forsøg over Vandets Sammentrykkelighed har man anseet den som det uimodsigeligste Bevis for Vandets Usammentrykkelighed. Det synes imidlertid ikke, at man nogensinde har gjort nøiagtige Forsøg, om ogsaa det store Stæmpel just aldeles hæver sig i Forhold til dets Grundflade, sammenlignet ved Stæmplet *u*'s. Sandsynligviis er dette ikke Tilfældet; men den Sammentrykning, Vandet lider, er saa ringe, at man hidtil ikke har bemærket den, og at man ikke har af den sporet nogen Ubequemmelighed i Brugen af Pressen. Vi ville ogsaa af denne Presses Virkning og af Forklaringen over det hydrostatiske Paradox indsee, hvorledes Ørsted ved sine Forsøg (S. 128), istedetfor umiddelbart at trykke paa den hele Vandmasse, hvormed Forsøgene anstilledes, saaledes som Abich og Zimmermann havde gjort det ved deres Compressions-Maskine, frembragte med liden Kraft, idet han trykkede paa en gandske liden Deel af Overfladen, et stort Tryk paa hele Vandmassen.

Vædsker maae, formedelst deres Flydenhed, trykke gandske anderledes, end faste Legemer; thi de sidste kunne ene trykke nedad, i Forhold til deres Vægt, medens de første ei blot ville adlyde Tyngdekraften, men ogsaa, formedelst deres Mangel af Sammenhæng, ville trykke til Siden paa samme Tid, som de trykke nedad. Saaledes vil een Cubikfod Vand, formedelst sin

Tyngde, trykke imod Bunden af et cubisk eller tærningdannet Kar, hvoraf det indesluttes, med en Kraft af 62 ℔, men, idet denne Vandmasse udøver denne Kraft nedad, vil den ogsaa trykke imod Karrets fire Sider med en Kraft, der i Alt er dobbelt saa stor, eller 124 ℔, saa at dens hele Tryk er 186 ℔, med hvilken Kraft den vil stræbe at sprænge Karret.

Vandtrykbælgen, som forhen er beskreven (S. 135), viser, at, naar man vil anslaae Virkningen af Vædsker, maa ikke saa meget deres Mængde som deres lodrette Høide og den Grundflade, hvorpaa de virke, tages i Betragtning. Det Samme gjælder ved Sidetrykket; hver enkelt Deel af en Sideflade i et Kar, der indeholder Vand, trykkes med en Kraft, lig Vægten af en Vandsøile, der havde denne Deel til Grundflade og dens Afstand fra Vandspeilet til Høide, vi indsee saaledes, at de den øverste Vandflade nærmest liggende Dele trykke mindre, end de dybere liggende Dele; ville vi altsaa understøtte en heel Sidevæg, maa dette skee i et Punct, der ligger nærmere Bunden af Karret end Vandets Overflade, er Karret lige op og ned, da findes dette Punct, som kaldes **Trykkets Midtpunct** i en Afstand fra Bunden af $\frac{1}{3}$ af Vandhøiden. Hele Trykket paa en lodret staaende Sideflade er lig en Vandmasse, der indeholdtes i et liggende Prisme eller et trekantet Kar, hvis Længde var Sidefladens Længde, og hvis Gjennemsnits-Flade eller Grundflade var en retvinklet Trekant, hvis to lodrette Sider (Catheter) vare lig Vandhøiden. Det er paa denne Maade, at man bestemmer Vandets Tryk mod Bolværker og Mure.

Den Kraft, hvormed Vand strømmer ud af en Sideaabning, vil ogsaa være afhængig af den Vandsøile, der trykker Vandet ud af Aabningen; altsaa af, hvor dybt Hullet er under Vandspeilet. Den Vandmasse, som udstrømmer, staaer i Forhold til Qvadratrødderne af Vandhøiderne over Hullet. Er saaledes et Hul een Fod under Vandspeilet, og af dette i en vis Tid een Pot Vand udstrømmer, saa vil af et Hul af samme Størrelse, som er 4 Fod under Vandspeilet, i samme Tid 2 Potter udstrømme, af et lignende Hul, som er 9 Fod under Vandspeilet, 3 Potter udstrømme o. s. v.; thi 2 er Qvadrat-

roden af 4, 3 Qvadratroden af 9 o. s. v. Vi kunne forsøge det ved at lade Vandet udløbe af en Aabning i et høit Kar, og efterhaanden gjøre Vandhøiderne 1, 4, 9 Fod over Hullet; der maa iagttages, at Vandhøiden stedse forbliver den samme, og altsaa maa enten det udstrømmende Vand ufortøvet erstattes ved nyt, eller ogsaa maa Vandmassen være saa betydelig, i Forhold til det udstrømmende Vand, at Vandhøiden ikke kjendeligen under Udstrømningen formindskes.

Denne Regel, at den udstrømmende Vandmasse tiltager som Qvadratroden af Dybden under Vandspeilet, er af stor Vigtighed ved **Vandledninger**, der tjene til at forsyne Byer med Vand til Huus- eller Næringsbrug. Disse Værker have som oftest Pumper eller andre Maskiner, hvorved Vand hæves fra Kilder eller Floder, der ligge lavt, til Vandbeholdninger, som enten ligge høiere end de Steder, der skulde forsynes med Vand af dem, eller ogsaa have Vindkjedler, der ved Luftens Spændighed driver Vandet i Veiret; herfra ledes Vandet igjennem Rør, som ligge under Gaderne og fra disse atter ved Arme ind i Husene. Den væsentligste Forskjel imellem Vandledningerne bestaaer saaledes i at nogle have høitliggende aabne Vandbeholdninger, andre derimod Vindkjedler. Ved det første Slags kan intet Vand bringes til noget Sted, høiere end Vandbeholdningen, efterdi disse Vandledningers hele Virkning er afhængig af, at Vand stræber at staae lige høit i Rør, eller Kar, som staae i Forbindelse med hinanden (S. 131); men bruge vi det sidste Slags, kan Vandet hæves, overeensstemmende med Maskinens Magt og Styrke, til hvilkensomhelst Høide, efterdi Luft er spændig og sammentrykkelig til hvilkensomhelst Grad (Side 84). Vindkjedlen beholder ligeledes det Fortrin (fornemmeligen hvor Vandet oppumpes ved Hjælp af Dampmaskiner), at ved dens Hjælp kan Kraften stedse indrettes efter den lodrette Høide af det Sted, der skal forsynes med Vand, eller med andre Ord, Virkekraften kan stedse formindskes i samme Forhold som den Høide, hvortil Vandet skal hæves, aftager, medens en aaben Vandbeholdning maa stilles over den største Høide, hvortil Vandet nogensinde skal bringes, saa at endog til de lavere Steder Vand med stort Tab af

Tid og Kraft drives op i Vandbeholdningen, blot for atter at flyde ned.

Den gamle Maade at forsyne Byer med Vand var ved Vandledninger (Aquaducter) eller Broer, bygte over Dale, og som understøttede enten Rør eller en aaben Vandcanal. Disse forbausende og kostbare Bygninger, hvis Levninger endnu zire mange gamle Byers Ruiner og vise sig endnu temmeligen vel vedligeholdte i Nærheden af Paris og Lissabon, ere ikke opførte af Mangel paa Kundskab om den Regel, at Vand hæver sig til samme Høide i forbundne Rør, men sandsynligviis formedelst den Vanskelighed, der i Udførelsen var forbunden med at forene en lang Række af Rør, saaledes at Forbindelserne kunde blive vandtætte og modstaae Trykket af en høi Vandsøile; noget, der ingenlunde, selv med vore nærværende Forbedringer, idet vi bruge støbte Jernrør og de stærkeste Forbindingsmidler, er let, og, som altsaa vilde være end vanskeligere, naar vi ikkun havde Rør af brændt Leer, hvilket de Gamle fornemmeligen synes at have anvendt.

Vandværkerne i Nærheden af London (the New River water-works), som ere af saa stor Vigtighed for Sundheden og Næringsbrugen i Englands Hovedstad, er et Slags Vandledning, der forener i sig alle forskjellige Slags Vandværker. Kilden, der forsyner dem, udspringer ved Ware i Hertfordshire; dens Vand føres i en kunstig Canal eller Grav, dannet alene for at lede det frem, hvilken ofte hæves ved Buer og Dæmninger betydeligt over Jordens naturlige Grundflade stundom sænkes meget under den og gaaer i det Hele i en Strækning af omtrent 38 engelske Mile (næsten 8 danske). Omsider ender den sig ved Islington i et aabent Basin eller Vandbeholdning, som kaldes New River Head, og som ligger tilstrækkeligen høit for at forsyne de lavere Dele af Byen derved at Vandet ligefrem flyder ned igjennem Rør. For at bringe Vandet til de høiere liggende Dele af London, er nær Beholdningen opreist en mægtig Dampmaskine, som driver Pumper, der oppumpe Vandet til endnu høiere Vandbeholdninger paa Bakken ved Pentonville og paa Veien til Hampstead, og, hvad hine ikke endnu kunne udrette, bliver udført ved en

Vindkjedel, der staaer i Forbindelse med Dampmaskinens Pumper. Saaledes bliver den største Deel af London uden Anvendelse af nogen anden Kraft, end Vandets egen, forsynet med Vand, den øvrige Deel ved en vel anbragt Dampmaskine, hvis Natur vi ville fremsætte imod Slutningen af næste Afsnit.

Hvad der er bleven sagt om Vandværker, gjælder ligeledes om **Fontainer**; thi et Vandspring frembringes ved at Vandet enten stræber at hæve sig til den vandrette Flade, eller ved at det trykkes af sammenpresset Luft eller paa anden Maade. Hvis saaledes et høitliggende Bassin eller Vandbeholdning holdes stedse fyldt med Vand, og et Rør gaaer fra dets nederste Ende og ender sig i en liden Pibe, der staaer opad, vil Vandet sprøite op af denne og danne et Vandspring næsten ligesaa høit, som Vandhøiden i Beholdningen, hvorfra Fontainen faaer Næring. Imidlertid, da Vandstraalen skal hurtigt arbeide sig igjennem Luften, vil denne gjøre en Modstand, og ligeledes vil Vandet selv, fornemmeligen naar det ledes gjennem en lang Række af Rør lide en betydelig Rivningsmodstand, og tillige ved sin egen Vægt nedtynges, saa at Straalen aldrig naaer til Vandhøiden af den Beholdning, hvorfra den faaer Næring.

Den Maade, paa hvilken Vandspring kunne frembringes ved sammenpresset Luft, er ene afhængig af de almindelige Sætninger, vi have fremsat for sammentrykt Luft (S. 109), hvilket vi ville af det Følgende indsee. Deres forskjellige Indretninger ere deels sindrige, deels morende, hvorfor vi ville beskrive to af de mærkeligste, nemlig **Herons Vandspring** og **Commando-Vandspringet**, hvilke begge kunne ansees som magiske Kunststykker, da det ene synes at hæve Vand over den naturlige Vandhøide, det andet at lyde Befalingen af den Person, der bruger det.

Fig. 80 viser **Herons Vandspring** i Gjennemsnit; det kan enten være gjort af Blik, Messing eller Glas og bestaaer af to aldeles lufttætte Kar *n* og *o*, som ere forenede ved Rørene *p* og *q*; oven paa det øverste Kar er dannet et Bassin *r* for at opfange Vandet, der udspringer af Piben *s*; Røret *p*

gaaer fra dette Basſin, igjennem det øverſte Kar, næſten ned til Bunden af det nederſte; Røret *q* gaaer fra det nederſte Kar næſten til Laaget af det øverſte Kar. Piben *s* gaaer næſten til Bunden af det øverſte Kar; dette maa, naar Springvandet ſkal bruges, næſten fyldes med Vand, hvilket ſkeer ved at ſkrue det Øverſte af Piben og hælde Vand igjennem dens Rør. Derſom nu Skaalen *r* fyldes med Vand, vil ſtrax derpaa en Straale ſpringe op fra *s*, næſten ligeſaa høi ſom Røret *p*, og ſom ſynes at være det Vand, der var gydet i Skaalen *r* og ſaaledes hævedes over ſin egen Vandhøide. Men det hele Redſkab er intet uden et Vandſpring med ſammentrykt Luft, ligeſom Heronskuglen (S. 108). Thi Vandet, der gydes i Skaalen, løber igjennem Røret *p* ned i det lavere Kar *o*, i hvilket Luften bliver ſammentrykt ved den Vandſøile, der befinder ſig i *p*, og da denne Luft, formedelſt Røret *q*, ſtaaer i Forbindelſe med Luften i det øverſte Kar, bliver ogſaa denne ſammentrykt og driver ſaaledes Vandet i det øverſte Kar igjennem Piben *s* i Veiret.

Denne Maſkine, ſom i den Skikkelſe, hvori den er beſkreven, tjener blot til at vise Virkningen af den ſammentrykte Luft, men forreſten er et Legetøi, er med nogle Forandringer Grundlaget for en aeroſtatiſk Lampe, hvis Oliebeholder er under Flammen, og hvor Olien oppumpes ved en anden Deel Olie, ſom ſynker ned i Lampens Fod. Ogſaa har Hölll gjort en vigtig Anvendelſe af den til at udpumpe Grubevandet i de ungerſke Bjergværker nær Chemnitz.

Commando-Vandſpringet er afbildet Fig. 81 og afhænger ligeledes af Lufttrykket; *t* er et Kar, der indeholder Vand, og ſom forøven maa være lufttæt; det holdes oppe af Støtten *v*, ſom er et ſtort Rør, der naaer næſten til det Øverſte af *t*; forſkjellige ſmaae Piber, *u*, *u*, *u*, *u*, ſom gaae nedad, ere loddede i Bunden af Karret *t*; hele Maſkinen ſtaaer paa en Skaal, der kan opfange Vandet, og i Bunden af denne er et Rør, hvis Aabning maa være noget mindre end alle Aabninger af Piberne *u*, *u*, *u*, *u*, tilſammen. Følgen heraf er, at Piberne ville afgive mere Vand, end der kan løbe ud af *x*; ſaaſnart nu Vandet ſaaledes i Skaalen dynger ſig op, at det

staaer over Mundingen af Roret *v*, kan ingen Luft mere trænge op i *t*, og Piberne ophøre at rinde. Men, naar Rørets Munding atter bliver fri, ved at Vandet strømmer ud af *x*, begynde Piberne atter at lobe. En Person, som nu befinder sig i en Afstand, men lægger Mærke til, naar Roret er nær ved at blive frit, og naar det er ved at spærres af Vandet i Skaalen, kan synes at befale Piberne at springe eller ophøre. For at fylde Karret *t*, maa det vendes om, og Vandet hældes ind ad Roret *v*; naar Roret er lukket forneden, holdes Vandet i Karret ene af Lufttrykket, desaarsag maae Piberne ikke heller have formegen Vide, for at ikke Luften skal trænge indad disse ved Siden af det udstrømmende Vand.

Man kan danne Vandspringe af forskjellige Skikkelser ved at skrue paa Springpiberne Kapsler med forskjellige Aabninger. Saaledes kan frembringes Vandspring i Form af en Vifte, en Dug (nappe d'eau), et Ax o. s. v. Disse Kunststykker anvendtes i forrige Tider paa Lystslotte, hvor man enten ved Natur eller Kunst havde høitliggende Vandbeholdninger, saasom i Versailles, paa Wilhelmshöhe nær Cassel i Schwezingen nær Mannheim o. s. v.

Man har allerede vist (Side 132), at Grunden, hvorfor Legemer flyde paa Overfladen af Vædsker, er den, at der frembringes en mechanisk Ligevægt imellem dem og den Deel af Vædsken, som de bortdrive; thi intet Legeme vil svømme eller flyde ovenpaa, uden at det synker noget ned eller jager Noget af Vædsken bort. En Baad f. Ex., der flyder paa Søvand, vil synke til en vis Dybde i samme; men, naar samme Baad seiler opad en Flod, og saaledes kommer i ferskt Vand, vil den synke dybere ned, eftersom det ferske Vand er lettere end det salte, og altsaa en større Deel af hiint end af dette behoves for at opveie Baaden, og maa altsaa af denne jages bort. Endvidere, dersom et Legeme er saa tungt, at det endogsaa, naar det aldeles nedsænkes, ikke kan bortjage en Vandmasse, liig dets egen Vægt, vil ingen Ligevægt finde Sted, men det vil faae Overmagt og synke. Imidlertid, skjøndt Legemet synker, bortjager det en Vandmasse, om ikke det liig i Vægt, dog det liig i Omfang, og derfor vil dets Vægt eller Synkekraft

formindskes ved Vægten af den Vandmasse, det bortdriver. Herpaa støtter sig en saare vigtig Hovedsætning i Vandtryklæren: **ethvert Legeme, der er tungere end en med det i Omfang lige Deel af den Vædske, hvori det nedsænkes, taber just saameget af dets Vægt, som denne Deel af Vædsken veier.** Af denne Grundsætning følger Maaden, paa hvilken vi erholde **Legemernes Vægtfylde** eller **specifiske Vægt.**

Legemers Svømning, eller at de flyde paa Vand, udviser Sandheden af denne Sætning, som ved Forsøg lader sig godtgjøre paa følgende Maade ved den **hydrostatiske Vægtskaal**, der ikkun er en meget god Skaalvægt, under hvis Vægtskaaler ere Kroge, for derpaa at hænge forskjellige Ting, og som er stillet saa høit, at der under Skaalerne kunne sættes Glas, fyldte med Vand. Naar Vægten er saaledes indrettet, kunne vi veie Legemer i Vand. Fig. 82 Tavle VIII. forestiller en saadan Vægt, hvis Brug vi ville fremsætte.

Have vi nu et kegledannet Legeme y af Metal, som passer nøiagtigen i en Kapsel z, der har lignende Skikkelse, da vil z kunne ansees som et Maal for y; hæftes nu y til Bunden af z og z til Bunden af een af Vægtskaalerne, saa at det Hele kan bevæge sig frit i eet af Glassene a, som vi ville lade være tomt, da kunne vi lægge Vægt i den modsatte Skaal b, indtil Ligevægt opstaaer. Fylde vi nu Glasset med Vand, vil Legemet y vippes i Veiret og synes at tabe meget af sin Vægt, endskjøndt at det er af en saa tung Materie, at det vilde synke ned, naar ikke en Modvægt fandtes i Skaalen b. Men Ligevægt skaffes strax tilveie, naar vi fylde det hule Kar z med Vand, hvilket viser, at det Tab, som y led ved at nedsænkes i Vand, var just lig en Vandmasse af samme Omfang, som det selv; thi ellers kunde vi ikke ved at fylde z, hvis Huulning just rummer y, atter have bragt Ligevægt tilveie. Den Materie, hvoraf Legemet y er dannet, gjør ingen Forskjel i Forsøget; thi, hvis det var dannet af Zink, som er eet af de letteste Metaller, eller af Platina, som er det tungeste, vilde det dog aldrig bortjage større Vandmasse end dets eget Omfang; og følgeligen vilde enhver Materie, der var tung

nok til at synke, lide samme tilsyneladende Tab af Vægt ved at nedsænkes i Vand.

Denne vigtige Omstændighed er det simpleste Middel til at erholde det, som kaldes et Legemes specifikke Vægt eller Vægtfylde; og, da forskjellige Substantsers Eensformighed og Ægthed ofte næsten allene kan afgjøres ved deres Vægtfylde, saa er Undersøgelsen af denne af høieste Vigtighed ei blot i videnskabelige Undersøgelser, men ogsaa i Handelen.

Veiningen af et Legeme i fri Luft, saaledes som den almindeligen foretages, giver blot Vægten eller Tyngdekraften af det veiede Legeme, uden noget Hensyn til dets Tæthed, eller den mechaniske Forbindelse imellem dets Partikler; thi eet Pund Kork vil tynge ligesaameget som eet Pund Blye, ihvorvel Omfanget af Korken maa være langt større end af Blyet, naar denne lige Tyngde skal finde Sted; og altsaa, hvis omvendt lige Omfang af Blye og Kork bleve veiede, vilde ved Sammenligning Blyet befindes at have langt mere eiendommelig Tyngde end Korken. Vægtfylden af et Legeme er saaledes blot en Sammenligning af dets Tyngdekraft med et andet Legemes Tyngde, som vi i Forveien have undersøgt. Det Middel, vi anvende til Sammenligning, bør saalidet som muligt være Forandringer underkastet; reent Regnvand, eller endnu bedre smeltet Snee, eller destilleret Vand har man fundet at være det meest passende Middel, det bruges ogsaa ved alle disse Bestemmelser og ved en Temperatur af 12 Graders Varme.

At bestemme et Legemes Vægtfylde, er altsaa Intet uden at bestemme, hvormange Gange det er tungere eller lettere end en Vandmasse, liig dets eget Omfang, et Foretagende som vilde være forbundet med meget Besvær, hvis ikke den forhen fremsatte Naturlov (Side 145) fandt Sted. Thi, for at erholde Sammenlignings-Vægten af et uregelret Stykke Metal og en Vandmasse af lige Omfang, var det fornødent at have et nøiagtigt Maal af dets Omfang, som maatte fyldes et vist Antal Gange med Vand, noget, der vilde være vanskeligt, ja næsten ugjørligt, naar det skulde have stor Nøiagtighed. Men, efterdi enhver Substants, der synker i Vand, taber ved sin

Nedsænkning, just saa megen Vægt, som dets Omfang, fyldt med Vand, veier, lader Vægtfylden sig let og sikkert bestemme, ved at sammenligne Vægten af Legemet, naar det er frit, med den, det har, naar det er nedsænket i Vand. Ophæng saaledes det Legeme, hvis Vægtfylde skal undersøges, ved een af Skaalerne c (Fig. 82) af den hydrostatiske Vægt, saaledes at det hænger 2 til 3 Tommer ned i det tomme Glas, og saaledes at det ikke rører hverken Bunden eller Siderne af Glasset. Naar dette er skeet, opvei det nøiagtigen med Vægt, lagt i den modsatte Skaal og nedskriv denne saaledes fundne Vægt. Fyld derpaa Glasset med destilleret Vand, indtil den nedsænkede Gjenstand løftes i Veiret af Modvægten i den anden Skaal saa høit, at dens nederste Ende staaer høiere end forhen dens øverste Deel. Skaf dernæst atter Ligevægt tilveie ved at lægge Vægt i Skaalen c over den ophængte Gjenstand, hvilken Vægt da atter aldeles vil nedsænke Legemet i Vandet, og saaledes angive Vægten af en med Legemet ligestor Vandmasse. Den første Vægt eller Vægten i Skaalen b divideres med den anden eller Vægten i Skaalen c, og det Antal Gange, som denne indeholdes i hiin, er Legemets Vægtfylde. Det er aldeles ligegyldigt, hvad Slags Vægt vi anvende, naar den blot er af eens Slags paa begge Skaaler. Antage vi saaledes, at det veiede Legeme er en Guinee, saa vil den ved at veies frit i Luften befindes at veie 129 engelske Gran, ved at nedsænkes i Vand taber den lidet mere end 7 Gran; vi finde altsaa Guineens Vægtfylde ved at dividere 129 med 7, hvilket giver Guineens Vægtfylde omtrent 18, eller at Guld af det Gehalt, som en Guinee er af, har en Vægtfylde omtrent 18, eller er næsten 18 Gange tungere end Vandet. Et Haar anvendes i Almindelighed som det meest passende Middel til at hæfte Legemet til Skaalen; eftersom Haaret har meest Styrke i Forhold til dets Vægt, ei heller indsuger kjendeligen Vand. Er Legemet tungere, da anvendes et Hestehaar, eller endnu bedre istedetfor begge Dele en Platina-Traad. Paa denne og andre Maader har man omhyggeligen undersøgt de fleste Materiers Vægtfylde; en Tabel, som indeholder denne for de hyppigst forekommende Materier, vil fin-

des ved Slutningen af dette Afsnit. Vi ville nu tilstrækkeligen indsee Brugen af Vægtfylden, eftersom vi ved denne ville kunne afgjøre Reenheden og Ægtheden af mange Ting. Hvis saaledes den omtalte Guinee havde været forfærdiget af en Blanding af Kobber og Tin og dens Overflade forgyldt, saa at baade Øret blev bedraget ved Klangen og Øiet ved Glandsen, og ogsaa virkeligen ved at forsøge noget dens Tykkelse havde en Vægt af 129 Gran, vilde en Undersøgelse af Vægtfylden strax have beviist, at Mønten havde været ægte, da dens Vægtfylde knap kunde være 8, eller den knap kunde være 8 Gange tungere end Vandet. Mærkelig er saaledes den Historie, der berettes om Oldtidens berømte Mechaniker Archimedes, der levede 150 Aar før Christi Fødsel. Kong Hiero paa Sicilien havde ladet forfærdiget en Krone af 18 ℔'s Vægt, bestemt til en Gave for eet af Templerne i Rom; ved at besee Kronen nøie, forekom den ham at have ikke aldeles det rene Guld's Farve, men han kunde ikke opdage noget Bedrageri, da Kronen nøie holdt sin Vægt. Archimedes forelagdes derpaa at udfinde, om ikke Kronen var blandet, og ved i Badet at tænke over Vandets Virkning paa sit eget Legeme, opdagede han Vandtryklærens Hovedsætning om Legemernes Vægtfylde: da Guld har en større Vægtfylde end Sølv, saa maatte en 18 ℔'s Guldkrone bortjage mindre Vand og altsaa tabe mindre i Vægt, end en 18 ℔'s Sølvkrone, Archimedes fandt, at Hiero's Krone tabte i Vandet $1\frac{1}{2}$ ℔, at en Kugle af reent Guld, som veiede 18 ℔, tabte i Vægt 1 ℔, og endeligen, at en Sølvkugle af 18 ℔'s Vægt tabte $1\frac{3}{4}$ ℔; heraf sluttede han, at Kronen var blandet med Sølv, og det saaledes at $\frac{1}{3}$ deraf var Sølv og kun $\frac{2}{3}$ Guld, eller at den holdt 12 ℔ reent Guld og 6 ℔ Sølv. Guldsmeden maatte tilstaae Bedrageriet, og Archimedes, der ved Opdagelsen vandt stor Anseelse ved Kongens Hof, samlede i et Værk, som er os endnu efterladt, Hovedsætningerne af Vandtryklæren, hvilke han ved dette Tilfælde havde opsporet. I Chemien og Mineralogien er Vægtfylden ligeledes et høist vigtigt Særkjende, ikke sjeldent ligne to Mineralier hinanden aldeles undtagen just med Hensyn til Vægtfylden, som ved det ene er aldeles anderledes end ved det an-

det. Vi prøve Reenhæden og Styrken af Spiritus ved Vægtfylden, ligeledes af Syrer o. s. v. Svovlsyre kan saaledes uden væsentligen at forandre sit Udseende, afvige i Vægtfylde fra 1,09 til 1,81.

Ved Forfærdigelsen af Tabellen over Legemers forskjellige Vægtfylde ansættes destilleret Vand til 1, og bagefter skrives Nuller, efter et Komma, for at svare til Decimalciffrene, som staae ved de andre Legemer. De Legemer, som ere tungere end Vand, have altsaa en Vægtfylde, betegnet med hele Tal og Decimaler, de, der ere lettere have en Vægtfylde, betegnet ene med Decimaler; saaledes har Blye en Vægtfylde af 11,352, det er altsaa tungere end Vand og det omtrent 11½ Gang, Kork har en Vægtfylde af 0,240, er altsaa lettere end Vand og veier omtrent kun ¼ af hvad dette veier.

Reent Guld har en Vægtfylde af 19,258, men da er det for blødt og bøieligt til almindeligt Brug; man tilsætter derfor stedse noget uædelt Metal, i Almindelighed Kobber; saaledes have vore Specieducater $\frac{1}{72}$ Tilsætning, eller ere, som man udtrykker det, i Gehalt af 23½ Karat; vore danske Ducater have $\frac{1}{36}$ Tilsætning eller ere af Gehalt 21 Karat; de engelske Guineer have en Tilsætning af omtrent $\frac{1}{9}$ Kobber, og erholde saaledes, som ovenfor er anført, en Vægtfylde omtrent af 18. Det Guld, som Guldsmedene i Almindelighed bruge, er af langt ringere Gehalt; til Bijouterie og det saakaldte Nips endogsaa ofte af gandske faa Karat; de heraf forarbeidede Sager have derfor ogsaa en rødere Farve og ere vel haarde, men tillige lette og skjøre.

Af en Tabel over Vægtfylden og af den Bestemmelse, at een Cubikfod destilleret Vand skal veie just 62 danske ℔, ville vi let kunne finde Vægten af een Cubikfod af een eller anden Materie, som findes i Tabellen. Saaledes har Søvand en Vægtfylde af 1,026, altsaa veier een Cubikfod 1,026 Gange 62 ℔ eller 63,612 ℔ altsaa næsten 62 ℔ 20 Lod; støbt Jern har en Vægtfylde af 7,207, altsaa vil een Cubikfod heraf veie 446,834 ℔, eller een Cubiktomme 8 Lod 1 Qv.

Naar vi have Materier saa lette, at de ikke synke i Vand, da maa en anden Fremgangsmaade anvendes; thi nu

maa een eller anden Kraft sænke dem ned. Dette kan skee paa forskjellige Maader. Saaledes kunne vi i Bunden af Vandglasset hæfte en liden Tridse, som bevæger sig med muligst liden Rivning; Haaret, hvormed Legemet er fastbundet til Vægtskaalen, gaaer under Tridsen, saaledes som det er viist Fig. 83, hvor *d* er den Gjenstand, der skal undersøges, og som svømmer ovenpaa, *e* Vandglasset og *f* Tridsen, fastgjort ved et Metallod til Bunden af Glasset, *g* Krogen af Skaalen, hvortil den anden Ende af Haaret er hæftet. Først vekes nu Legemet paa den sædvanlige Maade; dernæst lægges den i Glasset, som det er fremstillet i Figuren, Vand gydes derpaa i Glasset, indtil Legemet ved at svømme ovenpaa bringer Skaalen, hvorved det er hæftet, til at vippe ned, nu lægges Vægt paa den modsatte Skaal, indtil Legemet just sænkes under Vandet. Antag, at det Legeme, der skal undersøges, er et Stykke Kork, som veier just 36 Gran, og at, naar det fæstes over Tridsen ved et Haar til den ene Skaal, 114 Gran maa lægges i den anden Skaal for just at faae det til at synke, saa er Vægten af den Vandmasse, Korken fortrænger, 114 Gran større end Korkens Vægt, altsaa i Alt 150 Gran, Korkens Vægtfylde, 36 divideret med 150, er altsaa en egentlig Brøk, som udtrykt i Decimaler, er 0,240.

De, som ikke besidde denne noget omstændelige Indretning med en Bund-Tridse, kunne finde Vægtfylden af et svømmende Legeme, eller et Legeme, der er lettere end Vand, paa følgende Maade: Vei Legemet i Luft som forhen, sæt det derpaa i Forbindelse med et Legeme, der er tungt eller vægtfyldigt nok for at sænke det i Vand, og hvis Vægtfylde tillige er bekjendt; vei ogsaa dette Legeme i Luften; vei dernæst begge Masser samlede i Vand og af hvad begge Legemerne saaledes have tabt i Vand, slutte vi os til, hvad Vægtfylde det lettere og ubekjendte Legeme har. Vi ville antage, at vi saaledes havde forbundet de 36 Gran Kork med en Klump Blye af 227 Grans Vægt, og at den af begge Legemer samlede Masse, som veier 263 Gran, taber i Vand 170 Gran, eller opveies af 93 Gran paa den modsatte Skaal; da vi nu vide, at Blye har en Vægtfylde af 11,352, ville de 227 Gran Blye tabe i

Vandet just 20 Gran, de 36 Gran Kork altsaa tabe de øvrige 160 Gran, eller en Vandmasse, Korken lig i Omfang, veier 150 Gran, altsaa findes heraf Korkens Vægtfylde, ligesom forhen, at være 0,240.

De omtalte Fremgangsmaader lade sig blot anvende paa faste Legemer, ved Vædsker ville de være ubrugelige, eftersom disse blande sig med Vand. Vægtfylden af Vædsker lader sig imidlertid finde paa forskjellige Maader. Saaledes følger i Almindelighed med den hydrostatiske Vægt en Glasklump, vægtfyldig nok til at synke i alle Vædsker (Qvikselv ene undtaget, eftersom dette er betydeligen vægtfuldere end noget Glas), og en denne aldeles lig Modvægt, der kan lægges i den modsatte Skaal. Vægten af denne Klump er i Almindelighed skreven enten paa den eller paa dens Modvægt,*) for at undgaae Tidstab ved at veie den. Klumpen hænges ved et Haar eller endnu bedre ved en Platina-Traad til Vægtskaalen ned i Glasset, saaledes som det er fremstillet Fig. 84. Naar den er bragt i Ligevægt, fyldes Glasset med Vand, og den Vægt, Klumpen herved taber, erstattes ved at lægge Vægt i Skaalen, som befindes ovenfor. Denne saaledes paalagte Vægt angiver altsaa just Vægten af en Vandmasse af lige Omfang. Nu tages Glasset med Vand bort, og i dets Sted stilles et andet, fyldt med den Vædske, hvis Vægtfylde vi ville prøve. Er denne Vædske Brændeviin eller en saadan, som er mindre vægtfuld end Vand, saa vil Klumpen synke, og en Deel af Vægten, som findes i Skaalen foroven, maa borttages for atter at skaffe Ligevægt tilveie; er Vædsken, som vi prøve, mindre vægtfuld end Vand, da hæves Glasklumpen, og for at holde den nede i Vædsken maa mere Vægt lægges i Skaalen. I ethvert Tilfælde ville vi finde den prøvede Vædskes Vægtfylde ved at dividere Vægten i den øverste Skaal, naar Legemet var nedsænket i Vædsken, med Vægten, naar det var nedsænket i Vand. Var det prøvede Legeme saaledes Svovlsyre, og Vægten i Skaalen, naar Klumpen nedsænkedes i Vand, var

*) Undertiden er Modvægten just lig Vægten af en Masse destilleret Vand, lig Klumpen i Omfang, hvorved vi selv kunne undersøge Vædsker, uden just at have destilleret Vand ved Haanden.

just 50 Gran, naar den nedsænkedes i Svovlsyre, 92 Gran, saa vilde Svovlsyrens Vægtfylde være 92, divideret med 50 eller 1,840. Ligeledes, hvis vi havde havt en let Vædske f. Ex. Svovlæther, der er af alle Vædsker den mindst vægtfulde, og Klumpen allerede nedsænkes i denne med 35¾ Gran, lagt i den øverste Vægtskaal, saa fandt vi Svovlætherens Vægtfylde ved at dividere 35¾ med 50 at være 0,715.

Bestemmelsen kan imidlertid gjøres uden Klumpen og uden andet Redskab end en simpel Flaske og en Skaalvægt, og det paa følgende Maade: Bring en tom Flaske ved Hjælp af Hagel eller anden Modvægt i Ligevægt paa Vægtskaalen; fyld Flasken derpaa med destilleret Vand og nedskriv dens Vægt i Gran; gyd derpaa Vandet atter ud, og fyld Flasken med den Vædske, hvis Vægtfylde vi skulle undersøge, og vei atter; Vædskens Vægt divideret med Vandets er nu Vægtfylden.

En meget let og tillige nøiagtig Maade at erholde Vædskers Vægtfylde er Anvendelsen af den saakaldte **Tusind-Grans-Flaske** (thousand-grain-bottle) som faaes i England hos de fleste Handlende, der sælge physiske og mathematiske Instrumenter; med den følger en Modvægt, som just opveier Flasken, naar den er fyldt med destilleret Vand; Flasken er saaledes justeret eller prøvet, at den just rummer 1000 Gran Vand til en Temperatur af 60 Gr. paa **Fahrenheit's** Thermometer, som anvendes almindeligen i England, eller 12½ Gr. paa vort sædvanlige **Reaumurs** Thermometer. Dette Redskab behøver følgeligen ingen Regning, men fyldes blot med Vædsken og sættes paa den ene Skaal, Modvægten lægges paa den anden; er nu Vædsken vægtfuldere end Vandet, f. Ex. er den Søvand, saa maae vi lægge endnu 26 Gran ved Modvægten for at veie Flasken op, vi slutte altsaa, at Søvandet har en Vægtfylde af 1,026; er Vædsken, der prøves, mindre vægtfuld end Vandet, da maa lægges Vægt ved Siden af Flasken; havde vi saaledes prøvet Alkohol eller aldeles rectificeret Viinaand maatte vi have lagt ved Siden af Flasken 209 Gran, hvilket viser, at en Mængde Alkohol, i Omfang lig 1000 Gran Vand kun veiede 1000 mindre end 209 Gran d. e. kun 791 Gran, og at altsaa Alkoholens Vægtfylde var 0,791.

Ved at betragte Tabellen over de forskjellige Legemers Vægtfylde, ville vi indsee, at, naar vi føie en Materie, som er tungere end Vand, til det, enten som en Opløsning eller som en Paagydning (som Solution eller Infusion) saa forøges derved Vandets Tæthed og altsaa dets Vægtfylde, derimod er Viin og alle spirituøse Vædsker lettere end Vand, og blive stedse i Forhold til jo mere Spiritus de indeholde, lettere og lettere, lige indtil Alkohol, hvis Vægtfylde er 0,791.

Heraf følger, at Kundskaben om flydende Legemers Vægtfylde er af største Vigtighed for Bryggere, Destillateurer, Brændeviinsbrændere ɔc., efterdi Vægtfylden er det sikkreste og næsten eneste Middel til at bestemme Vædskernes Styrke og deres deraf følgende Værdie; ligeledes, da Toldafgifterne paa disse Varer bør bestemmes efter Værdien, afhænge disse ogsaa af en Undersøgelse af Styrken eller af Vægtfylden. Een eller anden af de Fremgangsmaader, som vi have beskrevet, vilde tjene til denne Undersøgelse, saafremt en saadan blot var nem og hurtig; i Almindelighed anvendes det saakaldte Aræometer eller **Flydevægten**, der formedelst dens lille Størrelse og lette Brug næsten bestandigen bruges i Handel og Vandel, ihvorvel dens Resultater ikke ere saa ubetinget paalidelige, som den hydrostatiske Vægts, med mindre den største Omhu anvendes.

Flydevægten synes at være opfunden af Archimedes; den bestaaer af en Metal- eller Glaskugle, forfærdiget saa let, at den just flyder paa Overfladen af den Vædske, hvori den stilles, og at den kan bære den inddeelte Maalestok og en Vægt, som holder den oppe. Dens almindelige Skikkelse vises Fig. 85, *h* er en huul Kugle i Almindelighed af Kobber, af Størrelse som et Hønseæg, *i* er en tynd Messing-Maalestok, og *k* en Messingvægt, der ved en Metal-Traad er forbundet til Kuglen *h*, i den Hensigt at holde Instrumentet, naar det flyder, lodret; denne Vægt er saaledes indrettet, at det øverste af Kuglen *h* just er i Vandskorpen, naar Instrumentet nedsænkes i destilleret Vand; Instrumentet kan endvidere justeres ved Vægten *m*, som skrues forover, og som just nedsænker den til Nulpunctet af Inddelingen. Sænkes det nu ned i en Vædske, der har en mindre Vægtfylde end Vandet, da vil den

mindre kunne bære Flydevægten op, eller den vil sænkes dybere ned, og det Punct af Inddelingen, som falder sammen med Vandskorpen, antyder Vædskens Vægtfylde eller spirituense Styrke. Bruges Redskabet i en Vædske, som er mere vægtfuld end Vandet, da maa en større Vægt paaskrues istedetfor *m*, og da angiver den lavere Grad den større Vægtfylde.

Vanskeligheden og den Mangel af Nøiagtighed, som den beskrevne Flydevægt er underkastet, opstaae af to forskjellige Omstændigheder: 1) jo dybere Instrumentet nedsænkes, desto mere Rum optager det i Vædsken, og dette kan ene forebygges ved at gjøre Stilken, hvorpaa Maalestokken er anbragt, saa tynd i Forhold til Kuglen, at Omfanget af den nedsænkede Deel ikkun umærkeligen bliver forøget ved at Flydevægten mere nedsænkes; 2) Spiritus, hvortil Flydevægten især anvendes, lider ved Varmeforandringen en betydelig Forandring i dens Omfang, den udvider sig ved Varme, sammentrækker sig ved Kulde. Denne sidste Ubeqvemmelighed kan ene hæves ved stedse at bruge et Thermometer i Forbindelse med Instrumentet, og da det i Almindelighed er justeret til en vis Varmegrad, saa er det kun ene ved denne, at ingen Rettelse er fornødent. Men det vilde blive altfor vidtloftigt, hvis vi i de mangfoldige Handelsforholde stedse skulde bringe Vædsken, der skulde prøves, til en bestemt Varmegrad, baade om Sommeren og Vinteren, og det er derfor, at man maa enten ved Tabeller udregne en Rettelse eller ogsaa anvende forskjellige Tillægsvægte som *m*. Saaledes har man i England forskjellige Flydevægte, eller, som de der kaldes, Hydrometre. Clark's, der meget ligner den beskrevne, har en stor Mængde Tillægsvægte, men som ikke blive skruede til *m*, men til *k*. Sikes's Flydevægt, der ifølge en Parlaments-Act siden 1816 bruges ved Toldbestemmelser i England, har kun 9 forskjellige Tillægsvægte, og bruges enten i Forbindelse med et Sæt Tabeller eller har en Maalestok, der kan skydes op og ned, og saaledes ophæver Indflydelsen af Varmeforandringerne. Forskjellige andre Flydevægte af Dicas, Quin og Jonas anvendes ligeledes i England.

Den gjensidige Indtrængen af Vædsker i hinanden, afgiver et Beviis for, at Tæthed og Omfang kunne forandres, uden at derfor Vægten forandres. Gydes saaledes to lige Mængder af Alkohol og Vand sammen, da ville de vel, naar de ere blandede, give den af begge samlede Vægt, men ikke just rumme dobbelt saa meget, som hver for sig. Dette maa saaledes foranledige en ny Vanskelighed for at erholde nøiagtige Resultater ved Flydevægten. Blande vi saaledes 100 Potter Alkohol med 100 Potter Vand for at frembringe Brændeviin af en Middelstyrke, da vil ikke opstaae 200 Potter Brændeviin, men 6 til 7 Potter mindre, saaledes tabes 6 til 7 Potter i Omfang ved Sammenblanding, og altsaa vil ligesaa lidet ved denne Blanding, som ved de allerfleste andre, Vægtfylden blive et Middeltal af de sammensættende Vædskers Vægtfylde.

Bruges Instrumentet for at erholde Vægtfylden af Infusioner eller Extracter f. Ex. Styrken af Urten i Bryggerier, saa kaldes det et Saccharometer, eftersom det skal udmaale Sukkerstoffet, som findes i den prøvede Materie, det faaer da en anden Maalestok, men er forresten af samme Indretning. Med visse Forandringer bliver det et Acetometer eller et Redskab til at maale Styrken af Eddike og andre Syrer, et saadant er opfundet af Taylor, ligesom ogsaa adskillige Aræometre ere universelle eller kunne bruges til alle Vædsker, baade til dem, der ere mere og mindre vægtfulde end Vandet. Vi have beskrevet Aræometret som forfærdiget af Metal; men hyppigt og ret passende forfærdiges de af Glas, derimod ere de, som ere forfærdigede af Elphenbeen, mindre hensigtsmæssige, efterdi Elfenbenet stedse indsuger nogen Fugtighed, og saaledes vil et saadant Redskab ikke let give for samme Vædske to lige Resultater.

Thermometermagerne, som almindeligen forfærdige Flydevægtene af Glas, pleie ogsaa at sælge smaae Glaskugler eller Perler, som ere lufttæt tilblæste og gjorte af forskjellig Vægt, saa at nogle ville synke, andre flyde i sædvanligt Brændeviin; disse Kuglers Vægtfylde, som i Forveien nøiagtigen er prøvet, er dem paaskreven med en Diamant, saaledes blive de meget tjenlige Instrumenter for at prøve Brændeviins Godhed; thi,

hvis en Kugle synker i Brændeviin, der just holder Prøve, saa at kun det øverste Punct af den spiller i Brændevinets Overflade, vil samme Kugle aldeles synke i stærkere Brændeviin, men derimod flyde ovenpaa i svagere. Imidlertid kunne vi ikke stole paa disse Kugler, med mindre de anvendes just ved den Varmegrad, til hvilken de ere forfærdigede; men, naar vi bringe denne paa det Nærmeste tilveie, ved f. Ex. først at sætte Brændevinet, der skal prøves, en Tid i et Kar med Brøndvand, ville disse Kugler stedse være saare tjenlige til en i det Mindste for det sædvanlige Handelsbrug tilstrækkelig nøiagtig Prøve.

Som Flydevægt bør vi ogsaa bemærke **Tralles's Flydevægtskaal**, som er afbildet Fig. 86. Denne bestaaer af et huult Legeme *b* af Metal eller Glas, som flyder i et Kar *c*, som fyldes med Vand; ved Bøiler forbindes en Vægtskaal *d* med *b*, og ved at lægge Vægt i Skaalen tvinges det hele Legeme ned i Vandet, indtil et vist Mærke *a* paa Stilken, der gaaer ud fra *b*, just staaer i Vandskorpen. Gyde vi nu istedetfor Vand en anden Vædske i Karret *c*, da maa, hvis denne har en større Vægtfylde end Vandet, en større Vægt, end forhen, ogsaa anbringes i Skaalen forneden. Veiede saaledes f. Ex. Redskabet just 500 Gran, og det behøvede en Tillægsvægt af 500 Gran for at nedsænkes i destilleret Vand til Mærket *a*, saa, hvis vi ved at sænke det i Søvand behøvede endnu at lægge til 26 Gran eller i Alt 526 Gran, sluttede vi deraf, da den hele Vægt nu er 1026 Gran og forhen var kun 1000 Gr., at Søvandets Vægtfylde var 1026. Ligeledes maatte vi have taget noget fra Tillægsvægten, hvis den Vædske, vi havde undersøgt, havde været mindre end Vandets.

Vi kunne ogsaa anvende Flydevægtskaalen for at veie Legemer i Almindelighed. Lægge vi nemlig et Legeme først i Vægtskaalen *d* og dernæst tillige saa megen Tillægsvægt, at *b* just sænkes til Mærket, saa ville vi ved at borttage Legemet og derpaa erstatte dets Vægt med Lodder meget nøie udfinde denne. Ligeledes ved at hæfte en Krog forneden til Skaalen *d* kunne vi bruge dette Redskab som hydrostatisk Vægt. Ved alle Afveininger maa nøie iagttages, at Mærket *a* just spiller i Vand-

skorpen, noget, der letteſt bemærkes ved at efterſee, om det juſt noie berører ſit Billede, ſom dannes af Vandſpeilet.

Paa en anden Maade maa Vægtfylden udfindes af Luftarterne eller Gasſene. Fremgangsmaaden herved, ſamt den Maade, ifølge hvilken vi overbeviſes om deres fuldkomne Reenhed, læres i Chemien. Almindeligen ſammenligner man dem enten med ſædvanlig atmoſphæriſk Luft, eller ogſaa betragter man ſom Eenhed Brindluften eller Vandſtofgaſſen, ſom er den letteſte af alle Luftarter, eller man ſammenligner dem, ligeſom andre Legemer, med Vandet.

Efterfølgende Tabel, ſom indeholder Vægtfylden af hyppigt i det daglige Liv forekommende Materier, er uddragen af de bedſte Forfattere; Englænderne have paa den ſenere Tid anſtillet flere Underſøgelſer, ſom ere de, **Millington** har givet. Dog er hermed ſammenlignet de ældre Underſøgelſer af **Muſſchenbroeck**, **Briſſon** og flere, ligeſom ogſaa Underſøgelſerne over Luftarterne af **Biot** og **Arago**. Alle diſſe Lærdes Beſtræbelſer uagtet, kunde man dog tildeels ønſke ſig baade større Fuldſtændighed og Nøiagtighed. En vidtløftigere Tabel end ovenſtaaende findes i **Martenſens** Contoiriſt S. 647 v. f. v.

	Mod Brindluft.	Mod atm. Luft.	Mod Vand.
Brindluft (Vandstofgas)	1,000	0,0693	0,000090
Qvælstof	14,000	0,9691	0,001259
Atmosphæriſt Luft	14,400	1,0000	0,001299
Ildluft (Suurstofgas)	16,000	1,1036	0,001433
Kulsyre	22,000	1,5196	0,001797

Platina (valset)	22,069	Granit e. Kampeſt. (omt.)	2,750
—— (i Traad)	21,041	Marmor (omtr.)	2,711
—— (hamret)	20,336	Kalksteen	2,710
—— (støbt)	19,500	Skifer	2,671
Guld, 24 Karats (hamret)	19,361	Bjergchryſtal	2,653
—— (støbt)	19,258	Flintesteen	2,570
Qvikſ. (511 Gange deſt.)	14,110	Glas (alm. hvidt, omtr.)	2,500
— (almindeligt)	13,568	Kridt	2,315
Blye (støbt)	11,352	Muursteen (omtr.)	2,000
Sølv, 16-lødigt (hamret)	10,510	Svovl i Stænger	1,990
—— (støbt)	10,470	Jord (alm. omtr.)	1,980
Vismuth (støbt)	9,822	Elphenbeen	1,917
Kobber (japanſkt)	9,000	Vand fra det døde Hav	1,240
— (i Traad)	8,879	Komælk	1,030
— (støbt)	8,788	Søvand	1,026
Meſſing (i Traad)	8,544	Deſtilleret Vand	1,000
—— (støbt)	8,395	Viin (fra Bordeaux)	0,994
Staal (blødt)	7,833	— (Burgunder)	0,992
— (haardt)	7,816	Linolie	0,932
Jern (i Stænger)	7,788	Jis	0,930
— (støbt)	7,207	Egetræe	0,925
Tin (tydſkt støbt)	7,320	Bomolie	0,915
— (engelſkt støbt)	7,291	Bøgetræe	0,852
Zink (valset)	7,239	Aſketræe	0,800
— (støbt)	7,191	Alkohol	0,791
Antimonium (støbt)	6,702	Svovlæther	0,716
Diamant	3,521	Almetræe	0,600
Flintglas	3,329	Fyrretræe	0,557
Chryſtalglas	2,892	Kork	0,240

Ottende Afsnit.

Hydraulik,

eller

Vandets Bevægelseslære.

Ligesom den Green af Videnskaben, der kaldes Hydrostatik eller Vandtryklære, betragter Vægten og Trykket af Vædsker og deres Virkninger paa de Legemer, der befinde sig i samme, saaledes indskrænker Hydrauliken eller Vandets Bevægelseslære sig mere særskilt til Bevægelsen af Vædsker og Indretningen af de Redskaber og Maskiner, hvorved saadan Bevægelse frembringes og styres.

Vædskers Bevægelse frembringes ved deres egen Vægt, ved Berørelse af andre Legemer, som allerede ere i Bevægelse, eller ved et af Kunsten frembragt Tryk, som det er Tilfældet i de forskjellige Pumper og Vandmaskiner. Den første af disse Aarsager bringer saaledes Vand til at løbe fra et høiere Sted til et lavere, naar dertil Leilighed gives, hvoraf forklares, at alle Floder løbe fra deres Kilder i Søen, og saaledes udbreder Vandet sig ligeligen over hele Verdenshavet, som staaer overalt lige høit, uden forsaavidt det forandres af Ebbe og Flod, Vinde eller andre locale Aarsager.

Et Spørgsmaal opstaaer aldeles naturligen ved at Floderne saaledes flyde nedad, nemlig: da saaledes Vandet udflyder uden at blive synligen erstattet eller atter at vende tilbage, hvor er da den bestandige, høitliggende Kilde, som stedse giver Floderne Næring og aldrig udtømmes? Regnen og de af Naturen dannede Væld, som flyde udaf Jordens Indre ere naturligviis de Midler, hvoraf dette Tilløb opstaaer. Regnen

have vi forhen omtalt (S. 105), den har vistnok stor Andeel i disse Virkninger; men dog befindes Regnmængden, som falder i et bestemt District, stedse at være langt mindre end det Vand som stadigen udstrømmer af Kilderne i det samme District; Regnen virker desuden almindeligen paa en gandske anden Maade, thi sædvanligen bevirker den, at Floderne opsvulme og foraarsage Oversvømmelser, aldeles anderledes end den stadige og regelmæssige Strøm, som kommer fra Kilderne. Naar Regn falder til Jorden, eller Snee begynder at smelte, vil en stor Deel Vand trænge i Jorden og vil hjælpe til at danne Kilder; og saaledes afhænge disse upaatvivleligen for en stor Deel heraf, men tillige skeer stedse en langsom og næsten umærkelig Fordunstning i Atmosphæren og disse ved Dunster fortætte sig atter, saa at heraf langt snarere Kildernes stadige Næring opstaaer end af de tilfældige Regnskyl eller Sneens Optøen.

Da Astronomen Dr. Halley opholdt sig paa Øen St. Helena bemærkede han denne stadige Fordunstning, idet han fandt Glassene paa sine Kikkerter stedse bedækkede med vandagtige Dunster, om ogsaa Luften var nok saa klar, og skjøndt han var over 2000 Fod over Havets Overflade. De Undersøgelser, han gjorde, beviiste, at den Vandmasse, der opslugtes af Luften, var langt større, end man forhen havde antaget. Han udregnede, at under den Varmegrad, som i Almindelighed fandt Sted paa St. Helena, gav 10 Qvadrattommer af Søen 1 Cubiktomme Vand eller i Vægt omtrent 1 Lod i en Tid af 12 Timer eller fra Solens Opgang til dens Nedgang, saaledes vilde en Qvadratmiil af Havet give henimod 300 Millioner Pund i een Dag. Heraf ville vi altsaa kunne forklare os, hvorledes alle Kilder fremkomme, og ogsaa, hvorledes Middelhavet kan uden at flyde over afsætte alt det Vand, som strømmer idet fra de mangfoldige Floder, som deri have deres Udløb. Imidlertid lader Halley's Beregning sig ikke vel udstrække over hele Jorden, da just den varmere Luft i Egnene nær Linien kan modtage flere vandagtige Dunster end den koldere Luft nær Polerne. Men man har dog overbeviist sig om, at den uddunster en Trediedeel mere Vand end det, der atter

vender tilbage som Regn, Snee eller Hagel; hiint Vand maa altsaa antages at vende umærkeligt tilbage til Jorden, enten strax som Dug, eller ogsaa som Taage; og, da de høiere liggende Steder ere koldere end de lavere, vil den største Mængde af Vand fortættes paa Toppen af Bjergene, som ogsaa tiltrække Skyerne; paa denne Maade kunne vi forklare, hvorledes Kilder kunne opstaae høit oppe paa Bjerge, eftersom det ene er ved Fordunstning og Dunsternes Fortætning, at Vand kan føres til saa høitliggende Steder.

Kilder hidrøre saaledes i Almindelighed fra det Vand, som paa denne Maade bringes tilveie, og som endnu forøges ved tilfældige Regnskyl. Vandet, der saaledes tilveiebringes, synker ned eller trænger ind i Jorden, indtil det træffer et Jordlag, f. Ex. af Leer, Steen eller deslige, som er uigjennemtrængeligt og forbyder det altsaa at synke end mere ned; her opdynger det sig, men, formedelst dets stadige Stræben at trænge ned, bryder det igjennem Jorden og viser sig som en Kilde paa dens Overflade, eller, skulde det ikke saaledes kunne undslippe, forbliver det skjult, indtil man graver en Brønd just ned til den Dybde, hvori det befinder sig. Kilder kunne saaledes ikke betragtes som særskilte Vandaarer; thi udpumpe vi een Brønd aldeles, saa at den holdes tør i flere Uger, saa ville alle andre Brønde rundt om ligeledes udtørres, og saaledes indsee vi, at imellem alle Vandaarerne i et heelt Distrikt er en vis Forbindelse. For altsaa at udfinde Vandaarerne vil en Kundskab i Geologien eller i Læren om Jordens indre Beskaffenhed være af største Vigtighed, ja vi ville være istand til, naar vi kjende Ordenen af Jordlagene, med høi Grad af Sikkerhed ved Hjælp af saadanne Kundskaber at kunne angive, om og hvor Vand findes, ja endog i mange Tilfælde vil man med megen Bestemthed kunne angive den Dybde, hvori det findes.

For at undersøge den Vandmasse, der falder paa Jorden som Regn, anvendes i Almindelighed et Redskab, som kaldes Regnmaaler. Dette bestaaer som oftest af en stor Blik- eller Kobber-Tragt, saaledes indrettet, at dens øverste Aabning just har et bestemt Flademaal f. Ex. een Qvadratfod, denne

Tragt er fastgjort paa Toppen af en Bygning, høit nok for at ikke Kastevinde, som dannes imellem nære og høie Gjenstande, skulde tilføre eller bortføre Noget af den naturligen faldende Regn; den frie Aabning af Tragten opfanger saaledes Regnen og leder denne igjennem et snævert Rør ned i et efter Cubiktommer i Grader inddeelt Rør. Forbindingsrøret bør være snævert for at hindre Fordampning. Man kan ogsaa maale det nedstydende Vand, og heraf beregne Vandhøiden, ihvorvel dette er mere besværligt, end den umiddelbare Jagttagelse af Vandhøiden i det inddeelte Rør. Ved at sammenligne de forskjellige Regnmængder til forskjellige Tider i samme Land eller i forskjellige Lande, faae vi en Udsigt over denne Gjenstand, der med Hensyn til Climaet og Planternes Vext er af høieste Vigtighed.*)

Vand drives frem af samme Tyngdekraft, som virker paa faste Legemer, og følgeligen, hvis det falder lodret ned, vil dette skee med stedse tiltagende Bevægelse, saaledes som det er forhen forklaret (S. 18). Naar det flyder i en Strøm, som i Canaler eller Floder, saa skeer dette i Følge af, at den Ende af Canalen eller Floden, hvorimod det henstrømmer, er lavere end den, hvorfra det udstrømmer, i hvilket Tilfælde Bevægelsen er at sammenligne med Bevægelsen paa Skraaplanet. Men, da de enkelte Dele af Vædskerne ere uden Sammenhæng og saare bevægelige, er disses Bevægelse langt uregelmæssigere, end de faste Legemers, og medfører en Deel meget indviklede Omstændigheder, som gjør Undersøgelsen usikker, saameget mere, som ikkun faa Forsøg i det Store ere blevne anstillede, af hvilke man kan udlede Grundlaget for Beregningerne. Naar et fast Legeme bevæger sig, vil dets Dele, ifølge Legemets naturlige Beskaffenhed, forblive samlede, og vi kunne med Bestemthed angive den Rivningsmodstand, det lider, idet

*) I den forhen anførte (S. 95) Afhandling af Hr. Prof. J. F. Schouw meddeles de Forsigtighedsregler, man har at iagttage ved Observationer med Regnmaaleren. I samme Forfatters Meteorologie ville vi erholde for vort Fædreneland en Udsigt, saavidt den kan gives, over Forholdet af Regnens Mængde i de forskjellige Aarstider.

det bevæger sig nedad et Skraaplan; men ikke saaledes med det flydende Legeme; thi, medens een Deel bevæger sig hurtigt, bevæger en anden sig langsomt, nogle forblive endogsaa en kort Tid i Ro eller tvinges tilbage. Dette bemærker man især i Floder, hvor den midterste Deel eller Strømmen i Midten løber langt hurtigere end ved Flodbredderne; thi Vandet ved Bredderne lider af disse langt mere Rivningsmodstand, end det, der flyder i Midten af Floden; vi maae formode, at det Samme, hvilket ogsaa ved Erfaring bekræftes, finder Sted med Vand, som flyder i Rør, her ville ogsaa Rørets Sider foraarsage en Hindring, saa at Vandet, nær disse, bevæger sig langsommere end i Midten, hvorfor ogsaa det Vand, et Rør af en vis Størrelse og en vis Hælding, ifølge Beregningen skulde afgive, aldrig, især naar Røret har nogen betydelig Længde, i det Virkelige udstrømmer. Hindringen kaldes her, ligesom ved faste Legemer Rivning, og den er saa betydelig, at den er en saare mærkelig Vanskelighed ved Udførelsen. Den kan blot forekommes ved at gjøre Røret af langt større Gjennemsnit, end det ivrigt vilde være fornødent, saaledes at vi stedse maae regne, at kun Midten af Røret egentligen er virksom, og derimod den yderste Deel af Røret, som aldeles uvirksom eller som en fast Ring, der gaaer heelt igjennem Røret. Andre Omstændigheder foruden Rivningsmodstanden, hindre Vandets frie Løb eller foraarsage, at Rør afgive mindre Vand, end der i en given Tid burde udstrømme af dem, i Forhold til deres Vide. Saadanne ere Bøininger i skarpe Vinkler, der ville afstedkomme indvendigen Hvirvler og Modstrømninger. Naar derfor en Bøining er nødvendig, saa maa den skee lidt efter lidt, saa at Røret krummes, istedet for paa eengang at faae en Knæbøining. Endvidere bør Røret heelt igjennem have eens Vide, og indvendigen være saa glat som muligt, uden Noget, der staaer frem, og som kan hindre Vandets Bevægelse, ved at derimod dannes Hvirvler og Modstrømninger. Undersøgelser over denne Gjenstand ere anstillede af flere berømte Lærde, og følgende vigtige og høist mærkværdige Resultater have vi erholdt af deres Undersøgelser: 1) Vandets Rivningsmodstand i Floder og Canaler, tiltager som Qvadra-

terne af Hurtighederne; 2) skjøndt Siderne af Røret stedse frembringe en vis Rivning, saa hæves denne ofte ved en passende og forholdsmæssig Vide af Røret; da saaledes Vandet ofte faaer en Bevægelse, som det ellers ikke vilde have faaet, og som hjælper til at drive det frem. Naar saaledes f. Ex. et Kar har en tynd Bund, i hvilken er boret et cirkelrundt indvendigen glat Hul, saa skulde man mene, at denne Indretning var den fordeelagtigste, eller at, i Forhold til Hullets Størrelse, det meste Vand maatte i en given Tid udflyde ved en saadan Indretning; thi, saasnart som Vandet er udløbet, har det ingen videre Hindring at overvinde. Man har imidlertid ved Forsøg overbeviist sig om, at Vand ikke strømmer ud i den Mængde af et saadant Hul, som, naar det forneden har en liden Pibe af samme Tværlinie som Hullet, og fordeelagtigst er det, naar denne Pibe omtrent er dobbelt saa lang, som dens Aabnings Tværlinie. Udaf en saadan Pibe har man fundet, at 82 Potter Vand udstrømme i samme Tid, som 62 Potter af et Hul uden Pibe. Endvidere har man fundet, at ved at lade Piben gaae noget ind i Karret, saaledes som det er afbildet Fig. 87, formindskes Udstrømningen, endogsaa mere, end hvis aldeles ingen Pibe havde været anvendt. Man kan forklare sig, at den udløbende Vandmasse forandrer sig ved den Skikkelse, man giver Udløbsmiddelet, nemlig ved enten at lade det være blot Hul, eller Pibe, uagtet Karret, hvoraf Udløbet skeer, og Vandhøiden i samme forbliver lige, deraf, at der danne sig Strømninger, der tildeels krydse og saaledes hindre hverandre; disse kan man endog meget vel iagttage ved at blande en let Materie som Klid eller pulveriseret Rav i Vandet, da det saa vil vise sig, at fra Siderne og fra oven af Karret ned imod Hullet ville danne sig Strømme, saaledes som det er forestillet ved de smaae i Fig. 88 tegnede Pile. Disse Pile standse ikke ved Udløbshullet, men, formedelst Vandets Ligegyldighed, fortsættes de endnu i Hullet og krydse hverandre; saaledes hindre disse Strømninger hverandre, og tilslutte tildeels Hullet, men Vandet nødes til at tvinge sig ud af det, og de enkelte Strømninger erholde derpeed en egen skruedannet Bevægelse. Dette hindres tildeels ved at lade Hul-

let ende sig i et lidet Rør; men, gaaer dette op i Karret, som er Tilfældet Fig. 87, da danne sig Strømninger af en anden Skikkelse, saaledes som det er antydet ved Pilene, og herved opdynges Vandet imod Siderne, saa at Udløbet end mere hindres.

Den store **Isaak Newton**, hvis Genie vi skylde Opdagelsen af saamange Naturlove, har ved dybsindige mathematiske Undersøgelser fundet, at det Legeme, som vilde indeslutte alle de Strømme, der gik fra Overfladen af Vandet ned imod Hullet, havde en egen kegledannet Skikkelse, hvis krumme Overflade kunde tænkes frembragt ved Omdreining af en krum Linie, som maatte kaldes en **Hyperbel af fjerde Orden**, tildeels lig den meer almindeligen bekjendte Hyperbel af anden Orden, som fremkommer ved at skjære en Kegle; en anden Naturkyndig **Venturi**, der har anstillet mange Forsøg over den forskjellige Udstrømmen af forskjelligen dannede Huller og Piber, anvendte dette, idet han gav den nederste Deel af Karret den Form, som Vandet saaledes under Udstrømningen faaer af Naturen, paa den Maade, som det er afbildet Fig. 89, eller vel endog ved at fortsætte den krumme Linie og lade Aabningen atter udbrede sig, som i Fig. 90; derved erholdt han langt større Udstrømning, end tilforn, nemlig 98 Potter, i samme Tid, som forhen (Side 164) enten 82 eller 62 Potter. Ved en saadan Skikkelse af Udløbshullet erholdt han altsaa i en given Tid den største Vandmasse.

Det er indlysende, at disse Exempler ikke passe til betydelige Længder af Rør, men blot til det hurtige Udløb fra Vandbeholdere, og de ere ogsaa allene anførte for at vise, ved hvilke simple Midler Udløbet kan hindres eller befordres. Undersøgelsen af Bevægelsen af Vædsker og af Hindringerne for samme, hører til de meest indviklede og dybtgaaende Gjenstande af den mathematiske Physik og ligge uden for dette Værks Plan. I Udførelsen ville vi, som en Følge af Theorie og Praxis, kunne antage, at Vandet kan flyde igjennem Rør, imellem 2 og 7 Tommer i Gjennemsnit, naar de ligge vandret, med en Hurtighed af 3 Fod i eet Secund uden betydelig Rivningsmodstand, med mindre Rørets Længde er overordent-

ligen stor. For altsaa at finde den Vandmasse, som et Rør vil afgive i en vis Tid, er det ene fornødent at beregne det cubiske Indhold af et 3 Fod langt Stykke af det og multiplicere det med Antallet af Secunderne, som indeholdes i Tiden.

Indretningen af de forskjellige Maskiner for at hæve eller bevæge Vandet og omvendt for af dets Tryk og Bevægelse at frembringe en eller anden anvendelig Kraft, afhænger som en naturlig Følge af en Undersøgelse om Naturen af Bevægelsen, Sidetrykket, Tyngdekraften og Momentet af Vædskerne, hvilken skeer i de Dele af den anvendte Mathematik, der theoretisk afhandle Vandtryklæren og Vandets Bevægelseslære. Ved Dannelsen af enhver Vandmaskine maa man stedse erindre, at Vandet har en stadig Tilbøielighed til at falde, hvilket vel i een Henseende bliver den betydeligste Vanskelighed at overvinde, men i anden Henseende just er det, der giver Vandet Kraft, og, ligesom Vand ikke kan stige over dets naturlige Vandspeil uden ved een eller anden ydre Kraft, saaledes kan det ved at falde ikke heller selv frembringe større Kraft, end den, der skyldes dets Masse og dets Faldhøide; thi dette vilde aldeles stride mod Grundsætningen for Vædskers Ligevægt (Side 131).

Det velbekjendte Redskab, **Hæverten**, kunde ved første Øiekast synes at være en Undtagelse fra denne Regel; thi det bestaaer af intet videre end af et krummet Rør *rst*, Fig. 91, hvis ene Ende eller Been *r* stikker i en Vædske, der befinder sig i et Kar, som skal tømmes; sættes nu Munden eller en Sugepumpe til den anden Ende, indtil al Luft uddrages, og Vædsken træder over i Grenen *st*, vil den flyde ud af *t* saalænge Noget deraf er tilbage i Karret, eller indtil Spærhanen ved *t* lukkes; og, naar denne Hane atter aabnes, vil Vædsken atter begynde at flyde, endskjøndt Bøiningen *s* kan være over en Snees Fod over Overfladen af Vædsken i Karret. Men, undersøge vi dette Redskab nærmere, da er det just overeensstemmende med Lovene for Vædskers Ligevægt; thi, er Benet *st*'s lodrette Høide mindre end den lodrette Høide fra Vandspeilet *r* til Punctet *s*, vil intet Vand flyde ud af *t*, Noget, som vi let kunne forsøge ved blot at vende Hæverten om, saa

at den længere Green stikker i Vandet, og Vandfladen *r* da staaer lavere end Aabningen paa *t*; thi, naar vi ville betragte Hævertens Virkning, maae vi tage Hensyn til de Længder af Grenene, der ere i Virksomhed, og disse maae regnes at være den lodrette Høide fra *s* til Vandspeilet, og for den anden Green fra *s* til *t*; er derfor selv Grenen *sr* længere end *st*, vil Hæverten dog virke, indtil saameget Vand ved den er aftappet, at *t* staaer lige med Vandspeilet. Virkningen af Hæverten beroer saaledes paa følgende aldeles simple Sætninger: ved at suge Luften ud af Enden *t* opstaaer et lufttomt Rum i Roret; Atmosphærens Tryk nøder nu Vandet at stige op indtil Punctet *s*, og herfra flyder det atter ned i Grenen *st*; naar Hæverten saaledes er fyldt med Vand, kan den betragtes som deelt i to hinanden modsatte og modvirkende Vandsøiler; da nu Vand trykker i Forhold til sin lodrette Høide, ikke til sin Masse, saa er det ingenlunde nødvendigt, at begge Grene ere af lige Vide; thi selv, hvis Grenen *rs* var mange Gange videre end Grenen *st*, og følgeligen indeholdt langt mere Vand, saa dog, hvis *st* er længst, vil dens længere Vandsøile, skjøndt indeholdende en mindre Vandmasse, have Overhaand over den langt større, men tillige kortere, Vandsøile i Roret *rs*. Da saaledes Vandet løber ud af Aabningen *t*, vil et lufttomt Rum opstaae foroven i Bøiningen *s*, men dette fyldes ufortøvet ved det Vand, som formedelst Atmosphærens Tryk drives fra Karret op i Grenen *rs*, da Trykket bestandigen fortsættes vil Hæverten altsaa bestandigen fyldes, og Vandet vedblive at løbe ud, lige indtil Karret aldeles er udtømt, eller til at Vandet deri er sunket til et Punct i lige vandret Høide med Punctet *t*; thi i saadant Tilfælde, da begge Grene ere lige lange, holde de hinanden just i Ligevægt og intet Udløb finder længere Sted. Ligeledes indsee vi, at Hæverten ikke er istand til at hæve Vand over dets lodrette Høide, og at den virker meget lige med et Hul, som var boret i Karret just i Høiden af den nederste Ende *t*; thi, hvad Længden af Grenen *st* end er, vil, hvis vi drage en vandret Linie *rv*, Delen *sv* opveies af *sr*, og altsaa vil den Vandmasse, der ligger imellem *v* og *t* være den, der vil fal-

de; jo lavere altsaa *t* er, desto hurtigere vil dette Fald være, men, jo mere *t* rykker til *v*, desto langsommere vil Vandet løbe ud, eftersom da den overveiende Vandsøile *vt* er saameget mindre. Da Hæverten er afhængig af Atmosphærens Tryk, maa Knæet *s* i intet Tilfælde staae høiere end 32 Fod over Overfladen af Vandet eller Punctet *r*; vi have nemlig allerede viist, ved at afhandle Barometret, at Middelhøiden af Qvikſølvet, som bæres ved Lufttrykket, er omtrent 28 Tommer, da Qvikſølvet omtrent er 13½ Gang vægtfuldere end Vand, saa vil Lufttrykket kunne bære en 378 Tommer høi Vandsøile, eller en Vandsøile af 31½ Fod; men, da Lufttrykket stundom er mindre, ofte saaledes at Barometerhøiden er 27 Tommer, tør man ikke med Sikkerhed vente stedse Virkning af Hæverten, med mindre *s* kun omtrent er 29 til 30 Fod høiere end *r*, ja hensigtsmæssigen gjør man vel endog kun Regning paa 25 Fod. Vigtigheden af denne Bemærkning vil blive endnu mere indlysende, naar vi komme til at tale om de forskjellige Slags Pumper; thi Grenen *rs* vil just lade sig sammenligne med Sugerøret af Pumpen, og danner egentligen, saasnart den har tilstrækkelig Længde, det vil sige omtrent 34 Fod, et Vand-Barometer, som ene deri er forskjelligt fra Qvikſølv-Barometret, at dets Forandringer vilde være 13½ Gang saa store som Qvikſølvets, saaledes, at medens Spillerummet ved det sædvanlige Barometer kun er omtrent 2 Tommer vil det ved dette blive over 2 Fod. Det vil ei heller være raadeligt, at gjøre Aabningen *t* for viid, især, naar Grenen *st* ikke er betydeligen længere end *sr*, da ellers let nogen Luft vilde trænge ind og forhindre det frie Udløb. Dette skeer ogsaa ved at bøie enten een eller begge Grene opad, saaledes som det er forestillet i Fig. 92, i hvilket Tilfælde Redskabet kaldes, efter Landet hvori det er opfundet, den **würtembergske Hævert**. Naar denne Hævert engang er fyldt, er den stedse rede til Brug, i det Mindste saalænge man holder den i opret Stilling, da noget Vand stedse holder sig i Bøiningerne ved *u* og *u*, og saaledes afsluttes Vandet i Hæverten eller hindres fra at løbe ud og altsaa Luften fra at trænge ind. Vi behøve saaledes blot at dyppe den ene Ende i Vand saa dybt, at Van-

det har en større lodret Høide end den anden Ende, og denne vil da strax begynde at løbe.

Det fornemste Brug af Hæverten er at drage Vædsker fra Overdelen af de Kar, hvori de indeholdes, uden just derfor at have nødig at anstikke Karrene eller paa sædvanlig Maade udtappe Vædskerne ved en Hane og et Hul forneden. Det er ogsaa et høist vigtigt Redskab i Chemien til at borttage en Vædske uden at forstyrre et Bundfald, som findes deri, ogsaa er det høist sindrigen anvendt af **Busby**, som har faaet i England Patent paa sin Opfindelse, til ved en Canalsluse at spare Vand. Ogsaa anvendes Hæverten til et magisk Kunststykke, som kaldes **Sixeerbægeret** eller **Tantalus-Bægeret**, efter den bekjendte mythologiske Fortælling om Tantalus. Et saadant er afbildet Fig. 93, Foden *y* er huul, og igjennem den gaaer en liden Glashævert *z*, kittet ind i Bunden af Bægeret; Hæverten naaer næsten til Randen af Bægeret og den kortere Green *a* slipper just ved Bunden. Gyde vi nu i Bægeret Vand, saa vil dette efterhaanden hæve sig ogsaa i Røret *a*; men, da Hæverten er kittet ind i Bunden, vil Bægeret stedse endnu holde Vand, indtil saameget Vand hældes i Bægeret, at det aldeles fylder Grenen *a*; thi saa flyder Vandet over i Grenen *zb* eller Hæverten begynder at virke og tømmer aldeles Glasset. For, som Kunststykke, at gjøre det end mere mærkeligt, skjuler man Hæverten med en huul Figur, saaledes som det er afbildet Fig. 94; dens Mund naaer just lidet ovenfor det øverste Punct af Hæverten; skjænkes nu Vand i, løber det, naar Figuren just synes at kunne naae Vandet, altsammen, formedelst Hæverten, ud neden af Bægeret. Hæverten kan endog dannes af den hule Figur alene, som det er aftegnet i Fig. 94, uden noget bøiet Rør; thi, naar *c* er et Rør, der gaaer igjennem Bunden og *d* er dannet som en liden Klokke, saa vil denne i Forbindelse med Røret danne en Hævert, og Vandet vil saaledes, naar det stiger over Aabningen af *c* op til *e*, løbe ud af Røret *c*.

Paa Grund af Hæverten kan et ret zirligt lidet Vandspring dannes. I Fig. 95 er *f* en høi smal Glasklokke, som forneden er lukket med en fast tilkittet Messingplade *g*, i hvil-

ken to Huller *h* og *i* ere borede; i det første af disse *h* er indskruet et Straalerør, hvis snævre Ende staaer noget op i Glasklokken og hvis anden Ende derimod rækker faa Tommer neden for Bunden; i Hullet er indsat et andet Rør omtrent ¼ Tomme i Gjennemsnit, som adeles ikke gaaer op i Glasklokken, men derimod nedad mod *k* omtrent ligesaa langt som Klokken *f* er høi. Naar Alt saaledes er ordnet, vendes der op og ned paa den hele Indretning, og der gydes indad *k* en Deel Vand, saaledes at dette kan fylde noget mere end Røret *ik*, derpaa stilles Indretningen atter opret, som den er afbildet i Figuren. Vandet vil nu strømme ud af Røret *ik*, og saaledes vil inden i Klokken opstaae et lufttomt Rum, hvorved Straalerøret *h*, hvis det staaer med den nederste Ende i en Vandbeholdning, vil begynde at springe; og, hvis det Vand, som saaledes kommer i Klokken, udløber fremdeles af Røret *ik*, vil Straalerøret vedblive at springe, saalænge det faaer Næring. Enden af Røret *ik* maa enten være bøiet opad eller staae i et Kar med Vand, saa at ingen Luft kan trænge indad samme, især hvis Straalerøret *h* er meget snævert.

Af den fremsatte Beskrivelse indsees, at, skjøndt Høverten formaaer at bringe Vand op over dets vandrette Høide, saa er det dog ene under den Betingelse, at den atter kan lade det udløbe paa et lavere Punct. Altsaa kan dette Redskab ikke regnes iblandt dem, hvis Hensigt er, ved Anvendelse af een eller anden udvortes Kraft, at hæve Vandet over den Høide, til hvilken det ordentligviis vilde naae. Dette Slags Maskiner kan deles i to Hovedslags, det ene ere de af den ældre og simplere Indretning, hvor Vandet hæves eller drives op ved en simpel Udøvelse af Kraft, og det andet ere de, som senere ere opfundne og have mere kunstige Indretninger, der beroe enten paa et Tryk, Atmosphærens Spændighed, Temperatur-Forandring eller andre physiske Principer.

Det simpleste og hyppigst forekommende Middel at hæve Vand er unægteligen en Spand og en Kjæde eller et Toug, der gaaer rundt om en Vinde, saaledes som Tilfældet er i den sædvanlige Trækkebrønd; men, naar Dybden er betydelig, da er dette et kjedeligt og besværligt Arbeide. En saadan

Indretning maatte imidlertid snart lede til en Forbedring, nemlig at bruge en heel Række af Spande istedetfor en enkelt, og dette er ogsaa Grundlaget for to allerede i Oldtiden bekjendte hydrauliske Maskiner, nemlig det persiske Hjul og Archimedes's Skrue, ligesom ogsaa for de senere opfundne, nemlig Spandemaskinen og Kjædepumpen.

Det persiske Hjul er fremstillet Fig. 96; det maa være af en noget større Tværlinie end den Høide, hvortil Vandet skal hæves, og maa staae i den Vandbeholdning *op*, hvorfra Vandet oppumpes, det bestaaer blot af en Krands eller Ring af Træe, der er understøttet ved Eger eller Stokke, der gaae ud fra Midtpunctet eller Navet *v*, som er hæftet til Axlen *x*, om hvilken Hjulet dreier sig i en lodret Stilling. Paa Omkredsen af Hjulet ere anbragte et Antal Spande eller Kasser, som *a*, *a*, *a*, *a*, der hænge ved Øskner paa Jernbolte *b*, *b*, *b*, saaledes at de formedelst deres Tyngde stedse hænge lodret ned, idet Hjulet dreier sig om; da de laveste Kasser ved Hjulets Bevægelse nødes til at gaae i Vandet *op*, saa fyldes de, og ville, fyldte med Vand, hæves op, indtil de omsider komme til det høieste Punct, hvor de da alle komme i Berørelse med Kanten *n* af Kassen *mu*, og af denne væltes om og udgyde deres Vand; naar de ere gaaede forbi Kassen, falde de atter ned og hænge tomme paa den modsatte Side; de ere da atter rede til at fyldes, naar de komme i Vandet *op*. Dette Hjul kan sættes i Bevægelse enten ved Dyrekraft, eller og, naar *op* er en strid Strøm med overflødigt Vand, ved at sætte paa Omkredsen af Hjulet Skovler eller Brædder, liig dem, som findes paa Vandmøllehjul; i dette Tilfælde vil det hæve noget af det Vand op, hvorved det selv drives. Smaae Fjedre *i*, *i* ere hæftede til hver af Spandene der, hvor de komme i Berøring med Kanten *n*, deels for at tage imod Stød, deels for at Spandene desto raskere kunne væltes om, og aldeles udgyde Vandet, som indeholdes i den. Hvor simpel denne Maskine end synes at være, er det dog een af de billigste og virksomste, der kan anvendes til at vande, til Tarv for Landbruget, Enge og Marker, da derved Vand letteligen kan fra en Aae gydes over en nærliggende Mark. Den behøver intet Tilsyn, medens den

gaaer, og, da dette skeer saalænge, som Vandet løber i Aaen, saa vil den drive en Mængde Vand i Veiret, selv hvis Spandene kun ere smaae, og, jo mindre de ere, desto mindre Kraft har Hjulet nødig for at sættes i Bevægelse. Ei heller kræver det en saadan Omhu eller Nøiagtighed i Arbeidet, som ellers er fornoden ved Møllearbeide; men, selv om det er endog saare runt og simpelt bearbeidet, vil det virke. Ligeledes kan det og anvendes i mange Tilfælde med Fordeel ved Afløbsvandet fra en Vandmølle, for atter at pumpe noget af Vandet op, der gaaer ud fra Hjulene, og for saaledes at spilde saa lidet, som muligt.

Nær beslægtet med det persiske Hjul, men langt sindrigere og mere udarbeidet, er **Vandskruen** eller **Archimedes's Skrue**, en Maskine, der anvendtes efter denne Naturkyndiges Opgave i Ægypten i det andet Aarhundrede før Christus. Vandskruen bestaaer af en Række af Kasser eller Rum, der fyldes med det Vand, der skal bringes i Veiret, men som, istedetfor at de ere særskilte i det persiske Hjul, her ere sammenhængende eller danne en huul Skruegang. Vandet heri bevæges og trækkes op ved Skruens Omdreining. Indretningen vil bedre forstaaes ved Betragtningen af Fig. 97, som forestiller denne Maskine, og hvor t, u, v, x er et tyndt bøieligt Rør, der er vundet om Valsen yy, hvis Endeflader have Tapper, saa at Valsen med Skruegangen lader sig dreie enten ved rindende Vand eller ved en anden Kraft, anbragt foroven eller forneden. Endvidere maae Tapperne paa den Maade understøttes, at Skruen staaer saaledes skraat, som det er afbildet i Figuren. Dersom nu den nederste Ende t af Røret staaer i Vand, vil Vandet flyde ind i den nederste Bøining t; dreies nu Valsen ved Haandgrebet z om i en Retning fra Høire til Venstre vil den nederste Bugt t komme over Vandfladen, men det Vand, den indeholder, vil ikke kunne flyde ud; thi ved Skruens videre Omdreining vil det synke ned i den anden Bugt u; den første Bugt t vil atter paany fyldes med Vand, og fremdeles vil det Vand, der var i u, gaae over i v o.s.v., indtil endeligen, efterat Skruen er dreiet ligesaa mange Gange om, som der ere Skruegange, Vandet

flyder ud af den øverste Ende i Kassen *b*. Den Mængde Vand, der vil opvindes, vil være afhængig af hvad Røret rummer, eller af dets Gjennemsnit og tillige af den Høide, hvortil det skal hæves; vi indsee, at vi kunne vinde flere saadanne Rør om samme Valse og saaledes forøge Virkningen. Gandske almindeligen bygges Vandskruen ved blot inden i en hul Valse at lade gaae en tynd skruedannet Skillevæg. Den hule Valse, der da kun tjener som en Art Beklædning kaldes Kappen (Mantlen); ja man har endog forfærdiget dem aldeles uden Kappe, eller med en halv Kappe, og der vil just ikke, naar dens Bevægelse er nogenlunde hurtig, tabes synderligt ved at Skruen ligger frit eller er uden Beklædning. En betydelig Hindring er, at den fyldes i Gangene let med Mudder, Siv og Stene, og at den ikke uden Møie, især naar den har en heel Kappe, kan renses. Eftersom den synes af sig selv at bringe Vandet, som den hæver, op fra det nederste Tappelager til det øverste, og Tapperne kunne ved Rivningsruller bringes til at bevæge sig med største Lethed, har man tilskrevet den overordentlige Kræfter og paa samme grundet mange Planer til at forfærdige et perpetuum mobile. Men betragte vi Tingen nøiere, da ville vi indsee, at Vandet ene bringes til at flyde opad et Skraaplan, og, hvad enten Vand eller et andet Legeme drages opad et Skraaplan eller dette flydes under samme, som det er Tilfældet med Bugtningerne *t*, *u*, *v*, *x*, vil Virkningen forblive den samme. Vandet maa altsaa bæres paa et Skraaplan, og dette maa skee med en Kraft, lig den, der vilde hindre et Legeme fra at falde igjennem Skraaplanets lodrette Høide; holdes det altsaa oppe, eller drives i Veiret formedelst Skruens Omdreining, da kræver denne Omdreining just en ligesaa stor eller større Kraft; altsaa kan ligesaa lidet denne Maskine som nogen anden give et perpetuum mobile, skjøndt den iøvrigt, da Rivningen kan afhjælpes i høi Grad, maa ansees som et saare fuldkomment Redskab.

Det Princip, der ligger til Grund for Archimedes's Skrue, anvendes ogsaa stundom, idet man giver et Oxehjul hule og krummede Eger eller Rør, som gaae fra Midten af

Hjulet til dets Omkreds, saaledes som det er fremstillet Fig. 96 ved Bogstaverne *e*, *f*, *g*, *h*; men paa denne Maade kan Vandet ikke hæves høiere end til Midtpunctet af Hjulet; thi de hule Eger, der ere aabne ude ved Hjulets Omkreds i *r* og *q*, gaae ned i Vandet og blive der fyldte; Vandet, som de saaledes rumme, bliver ført til Axlen, som enten kan være huul og saaledes bortføre Vandet, eller ved hvilken er stillet en Kasse *y* for at modtage Vandet.

Spandemaskinen og **Kjædepumpen** ere kuns Forandringer af de beskrevne Maskiner og ere saare nyttige i enkelte Tilfælde. Kjædepumpen er fremstillet Fig. 98; den bestaaer af et Antal flade Skiver eller Plader enten af Træe eller Metal, i Almindelighed af en firkantet Skikkelse *d*, *d*, *d*, igjennem Midten af hver gaaer en Jernstang, der med et Led er forbunden til en Jernstang, der gaaer igjennem næste Plade, saa at det Hele danner en Kjæde, der i hvert enkelt Led lader sig bøie. Denne Kjæde tilligemed dens Plader understøttes af to Hjul *e* og *f*, der have Udseende af en Stjerne, idet hvert af dem have fremstaaende Stænger, for afvexlende at gribe og understøtte Pladerne. Dreies nu det øverste Hjul *e* ved en Svingel, vil det bringe den ene Deel af Kjæden til at bevæge sig opad, medens den anden gaaer nedad. Den opstigende Side lader man gaae et langt Stykke igjennem den firkantede Kasse *gg*, som, idet Pladerne meget nøie passe i samme, danner Pumpen. Det nederste Hjul ligesom ogsaa den nederste Ende af Pumpen maa staae under Vand; og Kjæden med sine Plader danne saaledes, idet den trækkes opad, en Række af Kamre eller Rum, som blive fyldte med Vand, der udgydes af det øverste Rum. Ifølge Indretningen af denne Pumpe maa den bevæge sig i dybt Vand, og følgeligen kan den ikke aldeles tømme et Kar til Bunds, men den har ogsaa den Fordeel, at den ikke kan forstoppes, og formaaer endogsaa at trække Mudder, Stene, Siv og Andet op, som vilde aldeles standse Gangen af en fuldkomnere Maskine; og, ihvorvel der maa antages, at den taber meget af sin Kraft paa Grund af at Pladerne ikke passe aldeles nøie i Kassen, vil dog, da det øvre Rums Vand kun kan løbe ned i det følgende nedre, denne

Pumpe, især naar den bevæges hurtigt og iøvrigt er indrettet hensigtsmæssigt, i kort Tid trække saare meget Vand i Veiret. Antage vi, at begge Hjulene, baade det foroven og det forneden, forblive, men at Kassen bortfalder, og at, istedetfor de firkantede Plader, sættes Kasser, da bliver Maskinen en Spandemaskine og ligner aldeles det persiske Hjul. Man har en Mængde andre Maskiner af lignende Art for at hæve Vand, f. Ex. **Paternosterværket**, hvor udstoppede Kugler træde istedetfor Pladerne, **Svampemaskinen** o. s. v.; det vilde blive for vidtløftigt at beskrive dem alle; og, da det Princip, der ligger til Grund for samme, er eens for alle, vil en saadan Beskrivelse ogsaa her være overflødig.

Veras Tougmaskine, som beskrives i de fleste Skrifter over Vandets Bevægelseslære, bestaaer ligeledes af to Tridser, der ere dannede paa sædvanlig Maade, undtagen at de kunne have to, tre eller flere Furer i Randen, der ere forbundne med ligesaamange løst spundne Hestehaars eller Uldsnore, som ere saakaldte Snore uden Ende, eller hver er sammenføiet eller splidset med Enderne, saa at de danne en Krands af Toug. De sættes tilligemed Tridserne i en saare hurtig Bevægelse, den nederste Tridse og en Deel af Snoren bevæger sig i Vand, hvilket føres op ved dets Vedhængen ved Snorene. Den hele Maskine er altsaa kun et saare ufuldkomment Slags Spandemaskine og fortjener aldeles ikke den Plads, som den i Almindelighed faaer i Skrifter, der afhandle de vigtigste Vandmaskiner.

Det andet Slags Indretninger for at hæve Vand, eller de, som virke ifølge visse physiske Principer, ere alle de, som med et fælleds Navn kaldes **Pumper**. Af disse ere forskjellige Arter; den simpleste og hyppigst forekommende er den sædvanlige Sugepumpe eller **Vandpumpe**, hvis Virkning afhænger af Luftens Tryk. Denne nyttige Maskine var ogsaa bekjendt i Oldtiden; dens Opfindelse tilskrives **Ktesebes** fra **Alexandrien**, der levede omtrent 120 Aar for Christus; men det Princip, ifølge hvilket den virker, fattede man først længe efter, hvilket indsees ved den vrange Forklaring, som endog **Galilæi** gav den i det 17de Aarhundrede. Man forstod dengang

aldeles ikke det atmosphæriske Tryks Natur, og, besynderligen nok, denne nu almindelige Maskine og Forsøgene med den ledede til Opfindelse af Lufttrykmaaleren, ved hvilken Atmosphærens Forandringer siden saa nøiagtigen ere blevne undersøgte.

Formen og Indretningen af den sædvanlige Vandpumpe er allerede aldeles beskreven i Lufttryklæren (Side 92 og Fig. 64), saa at det vilde være ufornødent at udbrede sig her noget videre om samme, uden blot at bemærke, at Alt, hvad der er sagt om Hæverten (Side 168) ligeledes lader sig anvende paa Pumpen; thi hvis Pumpestæmplet hæves mere end omtrent 32 Fod, saa vil saare let det indtræffe, at Pumpen ikke længere vil trække, eller ikke længere frembringe et tomt Rum, i hvilket Vandet vil trænge ind. Ligeledes vil det ikke være af Veien at bemærke, at man hyppigen feiler ved Pumpens Indretning deri, at man gjør Sugerøret, eller det Rør, som gaaer fra Vandet ned i Vandbeholdningen (Røret *q* Fig. 64), for snævert, i den Mening, at dersom det er vidt, vil Stæmplet, idet det gaaer i Veiret, have for stor og svær en Vandmasse at drage efter sig. Men Urigtigheden af denne Mening er allerede viist ved Forklaringen over det hydrostatiske Paradox (Side 136); thi, hvad enten en Vandsøile presser nedad mod et Stæmpel, saaledes som det er der beskrevet, eller en Vandsøile er under et Stæmpel og drages opad ved dette, saaledes som det er Tilfældet med Pumpen, vil Trykket stedse forblive det samme, og vil ene være afhængigt af den lodrette Høide og Gjennemsnitsfladen af Stæmplet, og altsaa, hvad enten Røret er vidt eller snævert, vil den Kraft, hvormed Pumpen drives, forblive den samme, saalænge Høiden bliver den samme og Stæmplets Størrelse uforandret. Antage vi saaledes at Pumpestøvlen *mm* (Fig. 64) har en Tværlinie af 3 Tommer, men at Sugerøret *q* derimod har en Tværlinie af een Tomme, saa maa, da Stæmplet retter sig efter Pumpestøvlen, ei efter Sugerøret, Vandsøilen, der skal drages opad, stedse ansees at have en Tværlinie af 3 Tommer, og dette, om endog Sugerøret var 10 Gange mindre eller 10 Gange større end det omtalte. Saaledes opstaaer ikke nogen

mechanisk Ubeqvemmelighed af at have Sugerøret stort, eller af samme Tværlinie som Pumpestøvlen eller Stæmplet; men vel kan en meget væsentlig Ubeqvemmelighed opstaae af at have Sugerøret for snævert, nemlig den, at Vandet, fordi Sugerøret er for snævert, ikke i tilstrækkelig Mængde kan stige op og fylde det tomme Rum; saaledes vil da et Lufttryk tildeels virke paa Stæmplet ovenfra, eftersom forneden findes et lufttomt Rum, og altsaa maa ikke blot Stæmplet og Vandsøilen drages i Veiret, men ogsaa en Kraft anvendes for at hæve dette Tryk. Dette er en ikke sjeldent forekommende Feil, og man seer saare hyppigt Pumper, der iøvrigt ere paa det Fortrinligste udarbeidede, som enten have et for snævert Sugerør eller ere stillede for høit over Vandet, de skulle hæve.

Uagtet den sædvanlige Pumpe ikke er istand til at hæve Vand høiere end omtrent 31 Fod (eller rettere kun til omtrent 28 Fod) over Vandspeilet, kan den dog bringes til at afgive Vand næsten til en vilkaarlig Høide over Stæmplet ved at anbringe et langt lige Rør ovenfor Stæmplet, eller udelade reent Mundingen *v* (Fig. 64), og derimod betydeligen forlænge Pumpestøvlen opad. Hvis vi saaledes antage, at Støvlen naaer 20 til 30 Fod over Stæmplet *m*, vil Vandet, eftersom det ikke atter kan komme ned formedelst Klappen *t*, ved hvert Pumpeslag stedse stige mere og mere i Støvlen, indtil det omsider flyder ud fra oven, eller af en høit anbragt Tud. I dette Tilfælde har Lufttrykket Intet at gjøre med, hvor høit Pumpen naaer over Stæmplet, og altsaa kan Vandet føres saa høit, som Pumpens Indretning iøvrigt tillader; men da vil Pumpen vanskeligen kunne drives ved Vægtstangen *pp*, hvorfor ogsaa i Almindelighed en anden Indretning findes; Stæmpelstangen *o*, som maa være saa lang, at Stæmplet *m* drives nedenfor Lufttrykkets Virkegrændse, bliver da saare lang og udsættes altsaa let for at bøies; man forekommer dette, hvor Pumpestøvler af støbt Jern anvendes, ved at give Pumpestangen paa hver 5te eller 6te Alen Jernkryds (saaledes som det er afbildet Fig. 99), som berøre den indvendige Side af Pumpestøvlen og saaledes holde Stangen lige, eller ogsaa ved at give Pumpestangen forskjellige andre Indretninger.

Naar Brønden eller Kilden, hvoraf vi oppumpe Vandet, ikke er meget dyb, og vi skulle drive Vandet meget høit op, saa kunne vi undgaae den lange Stæmpelstang ved at vende op og ned paa den hele Pumpe, det er: lade Stæmplet være forneden og Bundklappen foroven, saaledes som det er afbildet Fig. 100, hvor *hh* viser den omvendte Pumpe og *i* det omvendte Stæmpel, *k* Klappen, som tilforn fandtes i Bunden, men nu er foroven, og som ogsaa aabner sig opad i Røret *ll*, der kan gjøres saa høit, som man vil; den nederste Ende af Pumpestøvlen er aldeles aaben og maa staae i Vand saa at dette gaaer op i samme, saaledes behøves intet Sugerør; Stæmplet *i* drives nu ved et Haandgreb og de forbundne Vægtstænger *m*, *n*, *o*, eller paa en anden passende Maade. Efter den Beskrivelse, der er given over den sædvanlige Vandpumpe, vil det være ufornødent, at sige noget videre om Virkningen af denne Maskine, eftersom man tør antage, at Figuren vil tydeligt udvise dens Indretning. Da den nederste Ende af Pumpestøvlen *hh* staaer i Vand, og Stæmplet *i* bevæger sig op og ned, vil Støvlen fyldes med Vand, hver Gang Stæmplet drives ned; hver Gang det drages i Veiret, vil det Vand, der var i Støvlen, drives igjennem Klappen *k* op i Røret *ll*, og, hvad Vide Røret end har, vil Modstanden stedse være lig Vægten af en Vandsøile, der tænkes hvilende paa hele Stæmplets øverste Overflade, eller at have en Grundflade lig Gjennemsnitsfladen af Pumpestøvlen *hh*, og en Høide lig den lodrette Høide af Vandet i dette Rør *ll*; thi dette Rør kan efter Omstændighederne hældes under hvilkensomhelst Vinkel, uden at Andet, end just den lodrette Høide imellem Vandspeilet og det Punct, til hvilket Vandet skal hæves, behøver at tages i Betragtning; Alt, hvad den større Længde af Røret kan foraarsage, er nogen Rivningsmodstand, og denne kan let fjernes ved blot at gjøre Røret noget videre.

En meget simpel, lidet bekostelig og virksom Pumpe, som grunder sig paa samme Princip, kan forfærdiges paa følgende Maade; den vil befindes høist skikket til at udtørre Moradser, der hvor der er Plads nok til at arbeide med den. Fig. 101 forestiller den i sin Virksomhed stillet skraat, omtrent under

en Vinkel af 45 Grader mod den Vandflade, hvorfra den skal optrække Vandet; Pumpen vil imidlertid ogsaa vise sig virksom baade under en større og en mindre Vinkel. Den bestaaer af en firkantet Kasse, sammensat af fire indvendigen glathovlede Planker, som ere fast sammennaglede og hvis Fuger endnu ere kittede godt med Bleghvidtskit. En Kasse af lignende Skikkelse, men mindre og omtrent een Fod lang, skydes ind i den større Kasse for at give et Støttepunct for den nederste Klap, som er gjort af et Stykke stærkt Læder, der ene er naglet med sin ene Side til den ene Side af den mindre Kasse, saa at der dannes en Art Hængsel, og med Undtagelse af dette Hængsel er det Hele dækket med et firkantet Stykke Planke, som er fastnaglet for at stivne Læderklappen, der frit maa kunne bevæge sig op i den store Kasse. For at kunne rense Pumpen er denne Klap fastgjort til den mindre Kasse, der lader sig trække ud; men under Brugen maa den mindre Kasse være sat paa sit rette Sted og omhyggeligen struet og kilet ind i den større. Stæmplet eller Skoen bestaaer ikke af Andet end af en firkantet Hætte eller en huul Pyramide af meget stærkt Læder, som er fastnaglet til Enden af en Stang, der er indrettet til at tjene som Pumpestang, hvorfor den ogsaa har foroven et T-dannet Haandgreb; ved dette drives Pumpen af det fornødne Antal Arbeidere, der sidde paa hver Side af den paa en Bænk og stemme Foden imod et Fodtrin, saa at de kunne bevæge sig, ligesom de vilde roe en Baad; idet de nu bøie sig forover for at trykke Skoen ned, trykker Læderhætten sig sammen og gaaer uden Modstand gjennem Vandet, ja lader endogsaa Stene, Siv og andre Ting, som vilde stoppe en sædvanlig Pumpe, gaae forbi, men drage de ved at bøie sig tilbage Stangen og Skoen opad, udvider Hætten sig, saa at dens fire Sider komme til at slutte mod de fire Sider af Kassen, og saaledes drage Vandet og Alt foran for sig. Vandet løber ud i et Trætrug, som tilligemed en Rende er anbragt under Bænken, hvorpaa Mandskabet sidder. Ved at Arbeiderne saaledes afvexlende bøie sig frem og tilbage og tillige kunne stemme Foden imod, have de den bedste Stilling

for at anvende deres Kræfter. For at styrke Pumpen, der skal bære Vandets Vægt og tillige udholde den Kraft, hvormed den drives, bliver det nødvendigt, at omgive den med stærke sammenskruede Jernbaand, som *q*, *q*, *q*, da ellers let Fugerne ville give sig og blive utætte. I Figuren ere foruden Pumpen ogsaa Stangen og Skoen særskilt afbildede, *r* er Stangen, *ss* Haandgrebet, *t* Skoen, som er dannet af fire ligesidede Trekanter, der ere stærkt og vandtæt sammensyede for at danne den firsidede Pyramide. Ved Brugen af denne, ligesaavel som af andre Pumper, er det raadeligt, naar Vandet, vi oppumpe, er muddret og sandet, at stille Pumpen i en Vidiekurv eller en anden Suger, da Gruus og Smaastene meget hurtigen ellers vilde ødelægge Skoen og Læderklappen. Bruges Pumpen i hede Vædsker, som ofte er Tilfældet i Fabrikerne, da maa tykt Seildug bruges istedetfor Læder, eller ogsaa Klapperne og Stæmplerne gjøres aldeles af Metal. Det synes, at de Pumper, som ere afbildede Fig. 99 og 100 og beskrevne Side 177 og 178, maatte kunne anvendes i ethvert Tilfælde og i enhver Stilling, f. Ex. fra dybe Miner eller Gruber at oppumpe Vand; men dette er ikke Tilfældet, da Vandet, ligesaavel som alle andre faste og flydende Legemer, har Ligegyldighed mod Bevægelse og tillige liden eller ingen Spændighed. Arbeide vi nu med Pumpen, der er afbildet Fig. 100, og antage, at Røret *ll* er aldeles fyldt med Vand, vil dette Vand ikke have den Spændighed, at det tillader Stovlen *hh* at udgyde det Vand, den indeholder, igjennem Klappen *k*, uden at alt Vandet i *ll* maa sættes i Bevægelse, og, naar Stæmplet atter drives ned, da standses denne Bevægelse. Vandet i *ll* vil derfor afvexlende være i Ro og Bevægelse, og, dersom Vandsøilen er lang og Vandmassen stor, vil dens Ligegyldighed mod Bevægelse være meget betydelig, eller der vil høre megen Anstrængelse til at bringe det fra Ro til Bevægelse og omvendt fra Bevægelse til Ro, overeensstemmende med hvad, der er sagt om Materiens Ligegyldighed (Side 5 og 14). For i det Mindste tildeels at fjerne denne Ulelighed, stræber man at holde Vandet bestandigen i Bevægelse ved at arbeide med to eller endnu bedre med tre Pumper ved Hjælp

af en to- eller tredobbelt Krumtap. Derved kommer Vandet aldrig til at staae stille, men holdes i en stadig Strømmen. Den tredobbelte Krumtap er en Jernstang af den Skikkelse, som Fig. 102 udviser; den har tre Knæe u, v, t, hvoraf ethvert staae ud i sin Retning fra Axlen xy; ved hvert af disse er en Pumpestang befæstet med et Øie, hvoraf vil følge, at Pumpestangen b, som er forbunden med Knæet t, er lavest, naar Pumpestangen a, der er forbunden med Knæet u, næsten er høiest, og Pumpestangen c, der gaaer fra Knæet v, som næsten er vandret, har en Stilling imellem begge de andre, eller er imellem den høieste og laveste Stilling. Pumpen, der er forbunden med Knæet v, er saaledes ene den, der nu er i Virksomhed; men, hvis vi antage, at hele Krumtappen er i en stadig Bevægelse, vil, inden c er kommen tilbunds, Stangen b have begyndt at stige, og a at gaae ned, saa at ved denne Indretning een Pumpe stedse kommer i Virksomhed, førend en anden ophører, og en stadig Strøm saaledes frembringes. For at gjøre den tredobbelte Krumtap muligst virksom, bør de tre Knæe danne Vinkler af 120°, eller staae en Trediedeel af Cirklens Omkreds fra hinanden, saaledes, at, naar vi see dem fra den ene Ende x eller y, ville de staae ud fra hinanden som de hostegnede tre Radier d, e, f.

I de fleste Tilfælde, hvor vi skulle hæve Vand, ville vi med Fordeel kunne anvende **Trykpumpen** (forcing Pump), især, naar Pumpen har betydelig Størrelse og ligeledes Høiden, hvortil Vandet skal hæves, er stor; i saadant Tilfælde vilde nemlig den tredobbelte Krumtap let mangle den tilstrækkelige Styrke. Trykpumpen bruges hyppigt i Forening med en Vindkjedel eller et stærkt Metalkar, som kan holde den sammentrykte Luft, der ved sin Spændighed vil bringe Pumpen, selv med en enkelt eller med to Stovler, til at give en stedsevarende Straale, og saaledes udrette meer end de tre Pumpestovler og den tredobbelte Krumtap, idet derved en betydelig Rivning undgaaes.

Trykpumpen gives to forskjellige Skikkelser, afhængige af de Omstændigheder, under hvilke man vil bruge den. Den simpleste og bedste Maade vises Fig. 103. Den bestaaer af

en nøiagtigt udboret Pumpestøvle *ff*, som oventil er aaben for at modtage et aldeles heelt Stæmpel *i*, der luft- og vandtæt slutter i samme, og som drives ved Vægtstangen eller Haandgrebet *gg*, eller paa en anden for Kraftens Anbringelse mere bequem Maade; *h* er Sugerøret, der gaaer som ved enhver anden Pumpe ned i det Vand, der skal drives i Veiret; dette Rør maa altsaa være kortere end 28 Fod; *k* er Sugerørets Dækklap, som tillader Vandet at stige op i Støvlen, naar Stæmplet gaaer i Veiret, men derimod ikke at gaae tilbage, naar det trykkes ned. Hæves altsaa Stæmplet *i* ved Vægtstangen *g*, vil, formedelst det atmosphæriske Tryk, Vand trænge fra Sugerøret op i Støvlen *ff*; trykkes Stæmplet nu atter ned, maa, da dette er aldeles tæt, eller ingen Klap har, Vandet træde ind i Siderøret *l*, der gaaer fra Pumpestøvlen, og derfra atter igjennem Klappen *m*, som forbyder det at vende tilbage, op i Sugerøret *pp*; dette Rør kan fortsættes saa langt, man vil, uafhængigt af Atmosphærens Tryk; efterdi Vandets Stigen ikke heraf er afhængig, men af den Kraft, hvormed Vægtstangen *g* nedtrykkes. Medens Stæmplet stiger i Pumpestøvlen, lukkes Klappen *m*, og al Bevægelse af Vandet i Røret *pp* ophører, hvorfor ogsaa Vindkjedlen *n* bruges. Man vil nemlig lægge Mærke til, at Stigerøret *pp* ikke umiddelbart staaer i Forbindelse med Siderøret *l*, eller at Klappen *m* umiddelbart gaaer op i samme, men, at det gaaer igjennem et aldeles lufttæt Kar *n* af Kobber eller andet Metal og rækker næsten til Bunden af samme. Da Luften er et lettere flydende Legeme end Vandet, vil den stedse holde sig øverst i Kjedlen, og saaledes, saasnart ved Pumpens Virksomhed Vindkjedlen er fyldt indtil *oo*, eller over den nederste Ende af det aabne Rør *pp*, vil al Luften, der er over Vandet, være afsluttet og ude af Stand til at undslippe. Antage vi nu, at ved at arbeide med Pumpen mere Vand jages ind i Vindkjedlen, end Sugerøret strax kan modtage, saa er det indlysende, at dette vil sammentrykke den indesluttede Luft, for at bringe Vindkjedlen til at rumme saa meget Vand, som muligt; men, da Luften er bestandigen sammentrykkelig, og den Kraft, den formedelst sin Spændighed udøver, stedse tiltager i

Forhold til Trykket (S. 108), saa indsee vi, at Luften i Vindkjedlen vil være en Modvægt, eller bære en endog nok saa høi Vandsøile, og saaledes har denne Pumpe just ved sin Vindkjedel et Fortrin for den forhen (Side 178 og Fig. 100) beskrevne Pumpe, da Luftens Spændighed vil tillade Vand paany at trænge ind, uden at just derfor hele Vandsøilen behøver at sættes i Bevægelse, og omvendt, selv efterat dette Vand er ophørt at trænge ind, vil vedblive at drive Vandsøilen i Veiret. Saaledes vil formedelst Vindkjedlen en fortsat og stadig Strøm trænge op i Røret *pp*, saafremt ellers Vindkjedlen har en til Pumpen svarende Størrelse.

Fig. 104 viser den anden Skikkelse af Trykpumpen; dette Slags kaldes i Almindelighed **Hæve- og Trykpumpen** (the Lift-and Force-Pump). Den er dannet ligesom den beskrevne Trykpumpe, undtagen med den Forskjel, at dens Stæmpel ikke er heelt, men gjennemboret, og er dækket af en Klap, som Stæmplet i den sædvanlige Vandpumpe; desuden er Pumpestøvlen *ff* foroven dækket med et Laag *x*, igjennem hvilket Pumpestangen gaaer aldeles luft- og vandtæt, endvidere gaaer Siderøret *l* ikke fra den nederste Deel, men fra den øverste Deel af Støvlen *ff*. Denne Pumpe har saaledes et tætsluttende Laag og i alt tre Ventiler eller Klapper, medens den forrige havde en aaben Støvle og to Klapper, følgeligen er den stedse noget mere sammensat og tillige kostbarere. Fordelen ved den synes ene at bestaae deri, at den holder sig mere reen, og at intet Vand gaaer tilspilde; thi, hvis Stæmplet *i* (Fig. 103) ikke slutter aldeles, vil noget Vand løbe ud foroven af den aabne Pumpestøvle, hvilket ikke kan være Tilfældet ved den sidst beskrevne Trykpumpe, naar Laaget *x* (Fig. 104) blot slutter nøie. Deres Virkning er ellers iøvrigt næsten lige; thi den sidste Pumpe hæver Vandet ved Hjælp af Sugerøret *h*, idet Stæmplet *i* drages i Veiret; ved at trykke Stæmplet ned, gaaer Vandet igjennem det, da det presser Klappen i Veiret, og saaledes fyldes den øverste Deel af Pumpestøvlen *ff*; naar Stæmplet atter trækkes opad, kan Vandet formedelst det tætsluttende Laag *x* ikke gaae andetsteds end i Røret *l* og op i Vindkjedlen *n*, og der-

fra atter op i Stigerøret *p*. Den første Pumpe hæver Vandet ved at Stæmplet trykkes ned, denne ved at det drages op; men dette gjør ingen Forandring, naar, som paa Figuren er viist, vi bruge en toarmet Vægtstang istedetfor den eenarmede Vægtstang *gg* Fig. 103.

Vindkjedlen er ogsaa i Fig. 103 anderledes end i Fig. 104, da nemlig ved hiin Stigerøret gaaer oven udaf Vindkjedlen, ved denne ud fra det Nederste af Vindkjedlen; men i begge Tilfælde naaer Stigerøret næsten til Bunden af Vindkjedlen, og, naar ved begge Vandet har naaet forbi Mundingen af Røret eller til den prikkede Linie *oo*, vil Luften være indespærret og i begge virke paa samme Maade. Vindkjedlen maa gives en Størrelse, afpasset efter Størrelsen af den eller de Pumper, der afgive Vand i samme (ofte lader man flere Pumper aabne sig i samme Vindkjedel); den bør i alle Tilfælde indeholde Rummet inden i Pumpen 6 til 8 Gange, for at ikke Luftens stedse tiltagende Udvidekraft skal have Indflydelse paa Bevægelsen af Stæmplet ved hvert enkelt Slag; imidlertid kan herfor ikke gives nogen aldeles bestemt Regel, eftersom den forholdsmæssige Størrelse af Vindkjedlen og Pumperne forandrer sig overensstemmende med forskjellige Omstændigheder. Disse Trykpumper med Vindkjedler anvendes nu meget almindeligen ved Vandværker, som tjene Stæderne til Forsyning med Vand (See S. 141), og vi kunne bestemme den Høide, hvortil Vandet lader sig drive, fornemmeligen hvis Vindkjedlen er stor og den Vandmasse, den optager, sig selv stedse lige, ved at undersøge Fortætningen af den indesluttede Luft. Dette skeer ved en **Prøver**, der bestaaer af et foroven lukket Glasrør, som staaer ved et Rør, der har en Spærhane, i Forbindelse med den nederste Deel af Vindkjedlen, eller med den Deel af samme, som stedse er fyldt med Vand; *rs* (Fig. 103) forestiller en saadan Prøver, og, da den har en fri Forbindelse med Vindkjedlen, saalænge Hanen er aaben, vil Luften foroven i Røret lide samme Sammentrykning, som den, der er indesluttet i Vindkjedlen. Vi maae nu maale Høiden af den Luft, som er indesluttet i Røret, og, da Luft i dens sædvanlige Tilstand vil bære en Vandsøile af 32 Fod (S. 93), vil

Luft, som er indesluttet og belæsset med Vægten af en saadan Søile, sammentrykkes til det Halve. Jagttage vi altsaa omvendt, at den indesluttede Luft er sammentrykt til det Halve, da er det Tegn paa, at Sammentrykningen i Vindkjedlen har givet Luften en dobbelt Spændkraft, eller en Spændkraft af 2 Atmosphærer, eller at den formaaer at bære en Vandsøile af 64 Fod, eller Vandet vil staae 64 Fod høit i Røret *pp*. Er Luften sammentrykt til $\frac{1}{3}$, da er dens Spændkraft lig tre Atmosphærers, eller den vil drive Vandet 96 Fod op i Røret *pp*, og saaledes fremdeles vil Proveren eller Barometret *rs* udvise Høiden af Vandet i Røret.

Den nyttige Maskine **Brandsprøiten** er Intet uden to Trykpumper, af den Form, som Fig. 103 udviser, der have en fælleds Vindkjedel, hvorfra Slangen med Straaleroret, der bringer Vandet imod Ilden, udgaaer. Pumpestængerne ere saaledes indrettede, at, medens Stæmplet af den ene Pumpe er nede, er den andens i Veiret, og Pumpestangen er saa lang, at et stort Antal Mennesker kunne arbeide paa engang, og saaledes pumpe en stor Deel Vand, hvilket formedelst Vindkjedlen bliver en sammenhængende Straale. Besynderligt nok er det, at Ktesebes's Pumpe, som er den ældste, eller i det Mindste den ældste, Oldtiden har bevaret os, just er af samme Indretning, som vor Brandsprøite; thi den bestaaer, ligesom denne, af to Trykpumper, stillede ved Siden af hinanden; men som, istedetfor at pumpe Vandet ind i Vindkjedlen, pumpe det ind i en tæt Kiste, hvorfra Vandet gaaer ned i et opretstaaende Straaleror; saaledes er det blot Vindkjedlen, der mangler. Vi maae imidlertid lægge Mærke til, at begge Pumperne, Fig. 103 og 104, vilde være Trykpumper, selv om Vindkjedlerne udelodes, og, skjøndt de herved arbeide langt mere ligeligt og fordeelagtigt, ere de ofte forfærdigede uden dette nyttige Tillæg.

Førend vi forlade denne Gjenstand om Pumperne, ville vi endnu beskrive een af de la Hire's Opfindelse, hvilken virker lig med to Pumper, men har kun een Pumpes Rivningsmodstand; thi den er en Høve- og Trykpumpe, der, baade ved at Stæmplet gaaer op og ved at det gaaer ned, driver en

lige Vandmasse i Veiret. Vi have kun faa Exempler paa, at den er anvendt, og ved at betragte de Fordele, den medfører, maae vi undre os over, at den ikke oftere bruges. Den er fremstillet i Gjennemsnit i Fig. 105; *tt* er Pumpestøvlen, i hvilken Stæmplet *v* bevæger sig op og ned, *u* er Sugerøret og *h* dets Dækklap, *x* er et Siderør, der gaaer fra Bunden af Pumpestøvlen indtil det ender sig nederst i Vindkjedlen *y*, dette Rør er ogsaa dækket med en Klap, som gaaer op i Vindkjedlen, fra denne gaaer atter Stigerøret *z*. Forsaavidt ligner denne Pumpe just den, der er fremstillet Fig. 103, saavel i Indretning som i Virkning; men ved denne Pumpe, er Pumpestøvlen, istedetfor at den ved den anden er aaben, lukket ved et tætsluttende Laag *b*, igjennem hvilket Stæmpelstangen *aa* bevæger sig aldeles vandtæt, følgeligen, naar Stæmplet drives ned for at jage Vandet ud af Pumpestøvlen op i Vindkjedlen, dannes foroven i Pumpestøvlen et lufttomt Rum, og dette fyldes med Vand fra et andet Sugerør *c*, der ogsaa gaaer op fra Vandbeholdningen, og som er dækket med en Klap *d*, der gaaer ind i en egen Støvle *e*, Røret *g* gaaer atter herfra til den øverste Deel af Pumpestøvlen *tt*, som Stæmplet *v* aldrig naaer, saaledes fylder den Støvlen ovenfor Stæmplet, idet Vandet under Stæmplet gaaer ind i Røret *x*; men, naar Stæmplet atter trækkes i Veiret, jages alt det Vand ved *a* igjennem Røret *f* op i Vindkjedlen. Røret *f* er ogsaa dækket med en Klap, paa det at Vandet ikke atter skal løbe tilbage, naar Stæmplet trykkes ned. Saaledes, ved at blot eet Stæmpel bevæger sig op og ned i een Støvle, udrettes det Samme, som om to Pumper havde været anvendte.

Efterdi det er umuligt, naar en Pumpe er i Orden og vel udarbeidet, at dens Stæmpel kan bevæge sig uden at drive Vandet, der befindes over eller under samme, af sit Sted, saa er ved alle Pumper, som have nøiagtigen rørdannede Støvler og deri sluttende valseformede Stæmpler, intet andet fornødent for at beregne den Vandmængde, de i en vis Tid afgive, end at udregne Rummet eller det cubiske Indhold af den Deel af Støvlen, hvori det lufttomme Rum frembringes, overføre dette til eet eller andet bestemt Maal for flydende Varer, og

endeligen multiplicere med det Antal Pumpeslag, der gjøres i den givne Tid. Antag saaledes, at en Pumpes indvendige Tværlinie er 9 Tommer, at Stæmplet hæves 18 Tommer i Veiret, saa vil Støvlen, hvori det lufttomme Rum frembringes, indvendigen holde 1145 Cubiktommer; men en Cubikfod som er 1728 Cubiktommer, holder 32 Potter Vand, altsaa vil ved hvert Pumpeslag oppumpes noget over 21½ Pot Vand; antage vi nu, at der gjøres 10 Pumpeslag i eet Minut, saa oppumpe vi ved en saadan Pumpe 212 Potter Vand ɔ: over 1½ Tønde hvert Minut, og altsaa næsten 100 Tønder om Timen. Denne Regel er anvendelig i hvert Tilfælde, enten Vand drives høit op, eller ikke; thi Stæmplet kan ikke bevæge sig, uden at drive Vandet i Støvlen af Stedet; dog maa noget stedse fraregnes formedelst Utæthed og Spild; thi lidet Vand vil stedse trænge sig imellem Stæmplet og Støvlen eller paa anden Maade spildes.

Denne Beregningsmaade lader sig, saaledes som vi have bemærket det, ene anvende ved de Pumper, som have Pumpestøvler og Stæmpler, hvis Gjennemsnit er cirkelrundt; men man har Pumper, i hvilke stundom dette ikke finder Sted; dette er f. Ex. Tilfældet med Bramah's Brandsprøite og den eccentriske Pumpe. I den første af disse Indretninger er Pumpestøvlen istedetfor at være et heelt Rør kun et halvt Rør, og ligger vandret; istedetfor Stæmplet, befinder sig indvendigen i dette halve Rør et Rectangel, hvis ene Side svarer til Radius af Rørkrumningen, den anden Side til Rørets Længde, ved en Stang lader dette Rectangel sig bevæge om Rørets Axel næsten i Halvcirkel eller omtrent 170°, under den hele Bevægelse maa det holde sig aldeles tætsluttende baade til Rørets krumme Side og til begge dets Bunde, paa den flade Side af Røret ere anbragte to Klapper, som dække Sugerørene og to andre, igjennem hvilke Vandet gaaer ind i Sugerørene. Denne Pumpe ligner altsaa i sin Virkning de la Hire's Pumpe, ihvorvel den har en aldeles anden Skikkelse, og tildeels lader sig sammenligne med den eccentriske Pumpe, som er afbildet Fig. 106. Denne bestaaer af en hul Tromle eller et vandret Rør af Metal *acl*, inden i hvil-

ket en ligesaa lang, men blot i Tværlinie halv saa tyk Valse *b* bevæger sig formedelst Axler, der gaae vandtæt igjennem Laagene, som slutte Røret *ad*. Den indvendige Valse dreier sig ikke om Midtpunctet af Røret, men saaledes at dens krumme Overflade kommer til at berøre et Sted Rørets hule Sideflade, saaledes som det sees i Figuren; paa Overfladen af Valsen ere 4 Metalklapper anbragte, der dreie sig om Hængsler, men ellers ere saaledes indrettede, at, naar de slutte til Valsen, saaledes som det er Tilfældet med *c*, udgjøre hver en Fjerdedeel af dens Overflade. Disse Klapper bringes til at aabne sig enten ved Fjedre, der ere anbragte under samme, eller end bedre ved to Krydstraade, der møde hinanden i Axlen af den lille Valse, og som give Klapperne en mere ensformig Bevægelse. Ifølge den Indretning, som denne Maskine saaledes har, vil ved at Valsen omdreies den ene Klap efter den anden bringes imellem Valsen og den indvendige Side af Røret ved Punctet *d*, hvor den trykkes aldeles ind imod Valsen; men samme Klap vil, idet Valsen fremdeles omdreies, komme til den modsatte Side af Røret, til Punctet *a*, og, da Klappen stedse enten af Fjedrene eller Krydstraadene trykkes imod den indvendige Side af Røret, opstaaer der bag samme et lufttomt Rum, som fyldes strax af Vand fra Sugerøret *e*. Men, da Valsen bestandigen dreies rundt, vil dette Rum snart sammenpresses af de følgende Klapper, som trænge sig frem til den meest udspilede Stilling i *a*, og saaledes vil Vandet, det indeholder, drives op i Stigerøret *f*. Da nu den ene Klap efter den anden, indtager Pladsen *a*, vil, naar Omdreiningen fortsættes, Vandet stedse og stadigen drives op i Stigerøret *f*. Den største Vanskelighed ved denne Indretning er, at man ikke uden betydelig Rivningsmodstand kan bringe Klapperne til under Omdreiningen at være aldeles tætsluttende til Valsen og Rørets indvendige Flade. Denne Feil have alle excentriske Pumper tilfælleds med Bramah's Brandsprøite og alle de forskjellige Dampmaskiner med omdreiende Bevægelse, som hidtil ere udførte, og som vi siden ville have Leilighed at omtale. Den excentriske Pumpe er af lignende Slags som Høve- og Trykpumpen, efterdi den vil

være istand til at drive Vandet saa høit, man vil, over Vandbeholdningen og Pumpestøvlen. For at bestemme den Kraft, der hører til at drive en Pumpe af hvilkensomhelst Indretning, maa Høiden, hvortil Vandet skal drives, tages i Regning; thi, overeensstemmende med hvad, der er sagt ovenfor (S. 187), vil denne Høide multipliceret med Gjennemsnitsfladen af Stæmplet og dette Rums Vægt, naar det tænkes fyldt med Vand, være den Modstand eller Last, der skal overvindes (Rivningsmodstanden fraregnet). Viden af det Rør, der afgiver Vandet, er uvæsentlig, forudsat, det blot er stort nok for at forekomme Rivning og en unaturlig Hurtighed ved Vandet. Vi maa regne den hele lodrette Høide fra Vandets Overflade til det Punct, hvortil det skal oppumpes; altsaa Sugeroret fra Vandets Overflade, dertil lagt, hvis det er en Trykpumpe, Stigeroret iberegnet tillige Længden af Pumpestøvlen. Antage vi saaledes, at Stæmplets eller Pumpestøvlens Tværlinie er 4 Tommer, at Sugeroret er 10 Fod, Stigeroret, iberegnet Pumpestøvlen, er 27½ Fod, saa er den hele Høide 37½ Fod, Gjennemsnits-Fladen af Stæmplet er 12,5564 Qvadrattommer; udregne vi altsaa det cubiske Indhold, faae vi noget over 3 Cubikfod eller en Vægt af over 200 ℔; dette er Trykket paa Pumpen, og hertil maa endnu formedelst Rivningsmodstanden, regnes imellem $\frac{1}{10}$ og $\frac{1}{6}$, saa at Trykket i det anførte Tilfælde vilde være at regne imellem 220 ℔ og 233 ℔. Virkningen af den excentriske Pumpe, findes paa lignende Maade, naar vi udregne det vandrette Gjennemsnit af Stæmplet eller hvad, der træder istedetfor samme, og multiplicere dette med den Høide, hvortil Vandet skal hæves.

Uafhængigt af de beskrevne Pumper ere de andre Maskiner, som hæve Vandet, formedelst een eller anden af Vandets Egenskaber, som flydende Legeme, saasom ved dets Tyngde, midtpunctflyende Kraft, Moment o. s. v. Den hollske Maskine, som vi ovenfor have omtalt ved Herons-Vandspringet (S. 143), kan tjene som Exempel paa den første af disse Anvendelser; **Centrifugal-Pumpen** og **Vandvædderen** kunne tjene som Exempler paa de sidste. Centrifugal-Pumpen har forskjellige Indretninger; af den Forklaring, der er given over

den midtpunctflyende eller centrifugale Kraft, vil dens Indretning let forstaaes. Lad *gh*, Fig. 107, forestille en opretstaaende Spindel, saaledes fastgjort, at den løber paa en Tap og kan ved et Haandgreb *hi*, eller paa anden Maade sættes i omdreiende Bevægelse; lad *km* forestille et vilkaarligt Antal krumme Rør, af hvilket hvert har indvendigen en Klap, der aabner sig opad, og som ere fæstede saaledes til Spindlen, at deres nederste Ender ere nær samme, men de øverste Ender, der er aabne, strække sig betydeligen ud fra Spindlen, og bøie sig omsider nedad, paa det at Vandet ikke skal gaae tilspilde. Den saaledes indrettede Maskine vil nu vise sig som en meget virksom Pumpe. Thi, hvis de forskjellige krummede Rør forneden fyldes med Vand, hvilket vil holdes i dem ved Bundklapperne og derpaa sættes i hurtig Bevægelse ved Haandgrebet, ville de øverste Ender beskrive en langt større Cirkel end de nederste Ender, og følgeligen vil Vandet, der findes foroven, stræbe at flyde ud og Rørene herved tømmes; i det tomme Rum, som saaledes dannes, stiger Vandet atter op, og saaledes udgydes stedse Vand i Beholdningen *ll*, som har sit Afløb udaf Tuden *n*. For at gjøre Pumpen mere virksom, kunne flere Rør anbringes, og alle disse forenes i Midten, saa at der dannes en stor Vandbeholdning, der har en eneste indadgaaende Spærklap og forneden en Deel Aabninger eller Mundinger, som træde istedetfor de nederste Ender af Rørene, og foroven deler sig i en Mængde udadgaaende Rør, der afgive Vandet i Truget *ll*.

Vandvædderen (bélier hydraulique) er opfunden af Montgolfier i Paris; denne er en saare nyttig og simpel Maskine for at hæve Vand uden at anvende nogen anden Kraft, end den, der er frembragt ved Momentet eller den Bevægekraft, der opstaaer ved Faldet af en Deel af det Vand, som skal hæves. Hvad enten denne Opfindelse skyldes Tilfældet eller ogsaa en fortsat Eftertænken, bliver det een af de simpleste og meest overensstemmende med Naturens Love sindrigen indrettede Maskiner, som kan opvises i Vandets Bevægelseslære. Maskinens Virksomhed er ene afhængig af Momentet eller den Kraft, et Legeme faaer, naar det bevæger sig (S. 17

og 38), og denne Virkning er saa ster, at den synes at komme i Modsigelse med Lovene for den hydrostatiske Ligevægt; thi en Vandsøile af ringe Høide bringes til at overvinde en anden, langt høiere end den selv er. Noget, der aldeles ligner Vandvædderens Virkning, og som kan tjene til at forklare den, findes i ethvert Huus, som forsynes med Vand fra en meget høitliggende Vandbeholdning, hvorfra gaaer et Rør nedad, som er lukket med en Hane; baade Hanen og Røret kunne være saa stærke, at de holde Vandet indesluttet, saalænge det er i Hvile; men, aabne vi Hanen og lade Vandet løbe ud, og atter pludseligen lukke den, ville vi spore den forøgede Kraft, Vandet har erholdt ved at sættes i Bevægelse, ved den Støi og Støden det foraarsager, og som vil stedse betydeligen ryste Røret, ja endog sprænge Røret og Hanen, hvis disse ikke ere desto stærkere, og hvis Vandbeholdningen ligger meget høit. Denne Omstændighed gav Anledning, som man siger, til Opdagelsen af Vandvædderen. Dens Skikkelse og Indretning er afbildet Fig. 108. Antag, at *o* forestiller en Vandbeholdning eller en Brønd, som har et bestandigt Afløb formedelst en Kanal ned til den vandrette Stilling *pp*. Altsaa, istedetfor at lade Vandbeholdningen, som antages at have et bestandigt Tilløb, løbe over, ledes Spildevandet igjennem Jernrøret *q* ned imod Linien *pp*, Røret *q* ender sig i den foroven anbragte Aabning *r*, i hvilken er anbragt en kegledannet Ventil eller Prop *s*, som, naar den er dreven op, aldeles spærrer Aabningen; *t* er en passende indrettet Vægt, som er anbragt paa Stilken af *s* og holder Proppen nede, og altsaa Hullet *r* aabent. Det Vand, som er i *o*, vil altsaa flyde igjennem Røret *q* ned til *r* og heraf undvige, saalænge Klappen er aaben; men, saasnart den lukkes, standses Vandets Bevægelse pludseligen. Naar Maskinen er i denne Tilstand, maa Vægten *t* prøves, og ved enten at lægge Noge til den eller tage Noget fra den, maa den gjøres saa tung, at den just kan trykke Proppen ned og modsætte sig saaledes Trykket opad af en Vandsøile, hvis Høide vil være afhængig af, hvormeget Overfladen af Vandet i Beholdningen *o* staaer høiere end Aabningen *r*, eller af den lodrette Linie *or*. Hvis nu Proppen *t*

enten trækkes i Veiret, eller paa anden Maade drives opad, vil al Bevægelse i Røret q ophøre, men i det Øieblik, Klappen atter bliver fri, vil den falde ned, og Vandet vil atter kunne undslippe. Vandet erholder ved at bevæge sig Moment eller ny Kraft, der følgeligen ikke længere er lig den Vandsøile ov, efter hvilken Vægten t er bleven indrettet, men formaaer nu at overvinde den og saaledes spærre Aabningen r. Aldrig saasnart er dette skeet, førend Vandet nødes atter til at komme i Ro, hvorved Momentet tabes, og Proppen ved sin Vægt atter faaer Overhaand og synger sig ned, hvorved da paany Hullet r aabner sig, og Vandet atter kommer i Bevægelse. Da saaledes Vandets Tryk og Proppens Vægt vexelviis faae Overhaand, vil Proppen bestandigen gaae op og ned, eller Hullet r aabnes og lukkes afvexlende uden nogen udvortes Hjælp. Dette er saaledes Grunden til Bevægelsen af Vandet i Røret q; men det frembragte Moment kan ikke i et eneste Øieblik tilintetgjøres, og beholder derfor ikke blot tilstrækkelig Kraft til at drive Proppen s op, men vilde tillige arbeide Vandet opad nederst i Røret q, ja vel endog sprænge det, dersom ikke Kraften paa anden Maade forbrugtes, eller det opdyngede Vand havde et Afløb. En anden Prop u er nemlig anbragt ogsaa ved den nederste Ende af Røret, som saaledes aabner sig op i en Vindkjedel y, der har et Stigerør x, der er indrettet, ligesom det forhen ved Trykpumperne beskrevne. Nu vil, naar Proppen s er lukket, det Vand, der ellers vilde have flydet ud af Aabningen r, drive Proppen u i Veiret, og trænge ind i Vindkjedlen, indtil den indesluttede Lufts Spændighed overvinder Momentets gradviis aftagende Virkning, og altsaa formaaer at lukke Proppen u; hvorpaa s aabner sig og lader Vandet gjøre et nyt Pulsslag eller Stød. Saaledes fortsætter denne Maskine sin Virkning bestandigen uden nogen udvortes Hjælp, saafremt den blot har et stadigt Tilløb af Vand. Maskinen behøver blot en liden Bæk eller anden Strøm, for at Vandet stedse kan holdes i samme Høide o. En langt større Deel Vand undslipper vel af Aabningen r, end det, der gaaer op i Stigerøret x, fornemmeligen hvis dette er betydeligen høit; thi Forholdet imellem den Deel

Vand, der stiger op i Roret *x*, og det Vand, der løber tilspilde udaf *r*, maa stedse afhænge af den forholdsmæssige lodrette Høide af den trykkende Vandsøile *ov* og den opstigende eller modstaaende Vandsøile *yx*, ligesom ogsaa Hurtigheden af Slagene af Proppen *s*. En meget ringe trykkende Vandsøile *ov* formaaer at hæve Vandet til en saare betydelig Høide, og næsten i enhver Bæk eller ved ethvert rindende Vand kan dette skaffes tilveie, ved at afdæmme den øverste Deel af Bækken og saaledes danne en Vandbeholdning *o*, hvorfra Roret *q* gaaer ned til Bækkens naturlige Leie, indtil et tilstrækkeligt Fald erholdes; thi, jo længere Roret *q* er fra Beholdningen *o* til det nederste Punct *r*, desto sikkrere er Maskinens Virkning; et altfor kort Rør *q* vilde let kaste Vandet tilbage i Vand; beholdningen, istedetfor at drive det op i Vindkjedlen. Forfatteren, Professor **Millington**, har, som Maskinbygger (civil engineer), anlagt flere saadanne Vandvædderе paa forskjellige Steder i England; een af disse, der kan tjene som Exempel, har været i stadigt Brug i to Aar. Vandbeholderen er et muret Bassin, eller et Bækken, to Fod dybt og af 10 Fods Fladeindhold; Vandet kommer fra en Kilde; Roret *q* er af støbt Jern, 20 Alen langt og har en Tværlinie af 2 Tommer. Stykket ved Enden, hvori Propperne og hvorved Vindkjedlen er anbragt, er omtrent 15 Tommer langt; hver af Propperne har en Tværlinie af 1½ Tomme; Vindkjedlen rummer omtrent 4 Potter; Høiden fra Overfladen af Vandet i *o* til Udløbsstedet *r*, regnet lodret efter Linien *ov*, er 6 Fod 4 Tommer; Stigeroret er af Blye og har en Tværlinie af een Tomme, det gaaer vandret først i en Strækning af næsten 104 Fod, og hæver sig dernæst lodret 54 Fod 3 Tom. over Aabningen *r*. Vandet hæves saaledes 47 Fod 11 Tom. over Vandbeholdningen eller Kilden, og dette blot ved et Fald af 6 Fod 4 Tommer. Under disse Omstændigheder gjør Proppen *s* 50 Pulsslag eller aabner Hullet *r* 50 Gange i eet Minut; omtrent 2 Potter gaae tilspilde og næsten ½ Pægel drives op ved hvert Pulsslag, saa at Spildevandet staaer i Forhold til det, der drives i Veiret, som 17 til 1. Det synes vel saaledes at være lidet Vand, der drives op; men regner man, at

Maskinen gaaer uafladeligt Nat og Dag, vil den give 6 Potter Vand hvert Minut, altsaa mere end tilstrækkeligt, endogsaa til en saare stor Huusholdning.

I et andet Exempel gav en Maskine af lignende Størrelse 7 Potter Vand hvert Minut til en Høide af over 14 Alen med et Fald blot af 3 Alen.

Denne simple og ziirlige Maskine har været længe bekjendt i England, ihvorvel den kun har været lidet brugt. **Matthias Boulton**, en Mand, vi siden, som den berømte Watt's Compagnon, ville have Leilighed til at omtale, i Soho nær Birmingham, erholdt Aar 1797 et Patent paa samme, og han anlagde en Vandvædder af betydelig Størrelse for at forsyne sit eget Huus med Vand. Dog fandtes den ikke virksom, formedelst en liden Mangel, som ogsaa den beskrevne Maskine har. Vandet, som efterhaanden bragtes ind i Vindkjedlen, forbandt sig med Luften, saaledes at hiin aldeles fyldtes med Vand, og saaledes ophørte den Spændighed, som tilforn virkede og var nødvendig for at drive Maskinen. Dette bemærkedes ogsaa af **Montgolfier**, som i Aaret 1816 forbedrede Maskinen derved, at han anbragte en meget liden Spærklap, der gik ind i den nederste Deel af Vindkjedlen, men holdtes lukket ved en liden Fjeder. Denne Klap er selvvirkende og hindrer, at hverken Luft eller Vand undslipper af Vindkjedlen; men, naar Vandet stødes tilbage derved at Klappen *s* slutter sig, saa opstaaer nederst i Røret *q* i et Øieblik et luftomt Rum, hvorved Spærklappen aabner sig og lader saaledes en tilstrækkelig Mængde af den ydre Luft trænge ind i Vindkjedlen, saa at den holder sig bestandigen fyldt, og paa denne Maade bliver Vandvædderen bestandigen virksom. Samme Virkning findes hos alle Pumper og alle Maskiner, som have en Vindkjedel; derfor bør ogsaa i Sugerøret af enhver Trykpumpe, som har en Vindkjedel, være et lidet Hul, lukket med en Hane eller en Skrue-Ventil, for at Pumpen stedse kan indsuge saamegen Luft og afgive denne til Vindkjedlen, at denne, trods hvad Luft, Vandet maatte indsuge, altid kan være rigeligen forsynet. Hvorvidt dette er fornødent, og hvormegen Luft saaledes bør indlades, ville Forsøg let udvise.

I Vandets Bevægelseslære afhandles ei blot de Indretninger, der tjene til at hæve Vand over den naturlige Høide, af hvilke vi have beskrevet de fortrinligste, men tillige de Midler, ifølge hvilke Bevægelse og Kraft kunne erholdes ved de flydende Legemers Bevægelighed eller andre Egenskaber. Paa Grund heraf vil en kort Undersøgelse af de forskjellige Vandmøllehjul og andre Indretninger, hvorved, formedelst flydende Legemer, Maskiner gives Kraft og Bevægelse, slutte dette Afsnit. Og passende ville vi, efterat have fremsat forskjellige andre vigtige Indretninger, udbrede os især over **Dampmaskinen**, Englands Opfindelse og Englands Kraft, eftersom denne, ligesom den yder den største og letteste anvendelige Kraft til at drive de forskjellige Maskiner, hvorved igjennem Folkets Vindskibelighed de raae Naturproducter forædles til Menneskeslægtens Tarv, tillige afgiver den sindrigste Anvendelse og Forbindelse af de Naturlove, der ere fremsatte baade her og i Luft- og Vandtryklæren.

Bevægelse ved Vand frembringes i Almindelighed enten ved at gjøre Modstand mod dets Strømning eller standse dets Løb i bevægelige Spande eller Rum, som optage det i en Tid af dets Nedløben. Hvis vi saaledes antage, at Virkningen af det Hjul, som er fremstillet Fig. 96, var den omvendte af den, der er beskreven; nemlig, istedetfor at Spandene *a*, *a*, *a*, modtage deres Vand fra Strømmen *op* og hæve dette til Kassen *u*, ville vi antage, at Kassen fyldes af en høitliggende Strøm, og at de forskjellige Spande, idet de gaae forbi *u*, fyldes af den, istedetfor at tømmes, saa vil herved den Side af Hjulet, hvorpaa de hænge, blive tungere end den modsatte Side, paa hvilken vi antage, at Spandene forblive tomme. Følgen heraf er, at Hjulet vil bevæge sig rundt, og, dersom Spandene, naar de efterhaanden komme øverst, fyldes, og derimod forneden tømmes, vil Hjulet bestandigen fortsætte sin Bevægelse og dreie sig med en Kraft og en Hurtighed, der er afhængig af Vægten af det Vand, som findes i Spandene, Radius af Hjulet eller Spandenes Afstand fra Hjulets Omdreinings-Axel og den Hurtighed, hvormed Spandene fyldes

og tømmes. Et saadant indrettet Hjul vil meget nær ligne det saakaldte Overfalds-Vandhjul, som vi snart ville beskrive.

Vandhjul ere af tre forskjellige Slags, og have med Hensyn hertil forskjellige Navne. Alle have imidlertid det tilfælleds, at de bestaae af en huul Tromle eller en Krands, der bevæger sig om en Axel, hvorfra Kraften atter videre forplantes, og at denne Krands er bedækket med Skovler, Flodbræder eller Udhuulninger, hvorpaa Vandet virker. Saaledes er Fig. 109 et **Underfaldshjul**, seet fra Siden; et saadant er baade den ældste og tillige almindeligste Indretning. Da dette Slags Hjul ikke forudsætter noget andet Fald i Vandet, end det, som er fornødent for at frembringe en hurtig Bevægelse fremad i samme, og efterdi det virker fornemmeligen formedelst Vandets Moment, saa kommer Hjulets Vægt just ikke meget i Betragtning; men derimod maae vi lægge Mærke til, at det ikkun da kan bruges med Fordeel, naar der er en rigelig Mængde Vand i Bevægelse. Imidlertid har det den Fordeel, at det er det mindst kostbare af alle Vandhjul, og, da det intet betydeligt Fald kræver, er det mere anvendeligt end noget andet i Floder i deres naturlige Tilstand. Det er lige brugeligt, enten Strømmen kommer paa den ene eller paa den anden Side af Skovlerne, og det er ogsaa derfor, at det er saare tjenligt til Skibsmøller, paa Steder, hvor Strømmen er afvexlende, som Tilfældet er, hvor der findes Ebbe og Flod, der virker flere Mile op fra Flodernes Munding. Ved den gamle Vandkunst ved **Londonbroen** ere Hjul af dette Slags anvendte; man bruger dem ogsaa paa Meelmøllerne, der ere anlagte i **Hamborg**; ikkun hindre her Risterne i Møllestenene, at man ikke kan lade Hjulet gaae begge Veie. Man har vel ogsaa hyppigt foreslaaet at anlægge Skibsmøller hos os ved Knippelsbroe; men neppe vil Strømmen her stadigen være saa stærk, at man af saadant Foretagende kunde love sig betydeligt. Denne Indretning af Hjul medfører dog nogle Ubeqvemmeligheder i Udførelsen; thi, hvis Skovlerne staae lige ud eller lodrette paa Hjulkrandsen, som Tilfældet er i Fig. 109 med Skovlerne *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, skjøndt da de tre midterste Skovler *b*, *c*, *d* staae godt nok, saa at de gjøre den største

Virkning, efterfom de næsten danne rette Vinkler med Strømmens Retning, vil dog Skovlen *a* træde saa skjævt ind i Vandet, at den, idet den skal trænge igjennem, møder stor Modstand; til samme Tid træder *e* ud af Vandet ligeledes ufordeelagtigen, da den nødes til at kaste en Deel Vand op foran sig, eller saa at sige pløje sig igjennem, hvorved Hjulets Bevægelse betydeligen forsinkes, og dets Kraft svækkes. Dette synes tildeels at forekommes ved at give Skovlerne en anden Skikkelse eller stille dem skjævt imod Hjulkrandsen, saaledes som det er fremstillet i Fig. 110. I dette Tilfælde staaer Skovlen *f* næsten under en ret Vinkel mod Vandet, just naar den træder ud. Men skjøndt den udtrædende Skovel *f* saaledes har en bedre Stilling har den indtrædende *g* en saa meget slettere, da den træder ind næsten ligeløbende med Vandfladen, og saaledes tabes atter den Fordeel, der vindes paa den anden Side ved at lade Skovlerne staae skjævt. Erfaringen synes imidlertid at tilraade at stille Skovlerne gandske lidet skjævt; men ingenlunde bør de stilles saa skjævt, som det er afbildet i Fig. 110.

Da Virkning og Modvirkning ere lige, men i modsat Retning, saa er det i Grunden det Samme, enten Kraften af det sig bevægende Vand anbringes mod Skovlerne af et Hjul, der dreier sig rundt i en fast Bygning, eller en ydre Kraft anbringes ved Axlen af et Hjul for at bringe det til at gaae i stille Vand; i første Tilfælde vil Vandets Kraft overføres til Axlen af Hjulet, og saaledes være istand til at drive forskjelligt Maskinerie, i andet Tilfælde vil det stillestaaende Vand modsætte sig Kraften, der er anbragt ved Axlen, og saaledes vil denne Kraft forandres til en, der vil stræbe at drive den Bygning eller den Baad, hvorpaa Hjulet er anbragt, frem i Vandet. Paa Grund heraf er det at Dampbaadene drives frem ved Kraften af en Dampmaskine, der dreier Vandhjul, istedetfor at ellers Vand pleier at bevæge lignende Hjul om deres Axler, ved at det arbeider mod Skovlerne.

Naar man kan gjøre Brug baade af Vandets Vægt og dets Bevægelse, ligesom ogsaa af dets Moment, kan langt større

Virkninger frembringes, end ved ene at anvende Bevægelsen, som Tilfældet er ved et Underfaldshjul; ogsaa bruges langt mindre Vand, eftersom da al dets Virkekraft kan gjøres anvendelig; derfor ville de Hjul, der kaldes **Brysthjul** og **Overfaldshjul**, have langt mere Kraft med en mindre Vandmasse, end de allerede beskrevne Underfaldshjul. Men disse Hjul kræve et betydeligt Vandfald og ville, naar man ikke tillige anbringer egne **Sluseværker**, hvorved Baade og Flodskibe kunne bringes med et gandske ringe Tidstab fra een Vandflade til en anden, der ligger høiere eller lavere, aldeles hindre Skibsfarten i Floderne. **Overfalds-Hjulet**, hvilket af alle giver den største Kraft med den mindste Vandmasse, kræver et Fald noget større end dets egen Tværlinie. Derfor er det sædvanligt at give dette Slags Hjul, for at erholde en mere jævntvirkende Kraft, en større Brede i Forhold til dets Tværlinie, end noget andet Slags Hjul. For at danne Overfalds-Hjulet gjøres først en hul og tæt Ring, der blot fortil er aaben, i hvilken indsættes et Slags Trug (i England almindeligen af Metal), saa at Hjulet i Gjennemsnit faaer Udseende af det, der er afbildet Fig. 111. Vandet føres ved et lidt hældende Trug *hi*, af samme Brede som Hjulet, over det forover og løber ned i Spandene eller Skovlerne *k* og *l*, bestemte til at modtage samme. Formedelst Skovlernes særegne Form holde de Vandet, der gydes i dem, indtil de ved deres Bevægelse komme til Punctet *l*, da saa deres Mundinger vende nedad og udgyde det Vand, de indeholde, i Afløbsstrømmen *m*, som optager Spildevandet. Skovlerne paa den modsatte Side gaae opad, med deres Aabning nedvendt, og forblive saaledes, indtil de i *h* fyldes af Vandkisten; i *h* er et Stigbord eller en Sluse for at styre Vandmassen og forhindre Spilden; thi, hvis Vandet flød for hurtigt, vilde det sprutte ud af Skovlerne, nær *k*, istedetfor at fylde dem, og vilde løbe ned over Hjulet, uden at frembringe nogen Virkning. For at forekomme dette, tillades Vandet sjeldent at løbe paa Hjulet i en Strøm af mere end imellem en halv og en heel Tommes Tykkelse, og saaledes vil, naar denne styres vel, neppe en Draabe Vand gaae tilspilde. Man har tilforn

gjort Regning paa det Moment, hvormed Vandet faldt i Skovlerne, og saaledes anseet det fordeelagtigt, naar Vandet faldt frit fra en stor Høide; men man har fundet dette ufordeelagtigt; thi Vandet sprutter da ei blot atter let ud af Skovlerne, men det fører med sig en stor Mængde Luft og Skum, som bevirker, at Skovlerne ikke tilstrækkeligen fyldes. Overfaldshjulet maa derfor anfees ene at virke ved Vandets Vægt, og vi kunne omtrent regne, at $\frac{2}{3}$ af Skovlerne ere fyldte med Vand. **Smeaton**, som har gjort mange og betydelige Forsøg med Vandhjul, har angivet, at, naar Størrelsen, Vandmassen og Faldhøiden er den samme, vil Overfalds-Hjulet virke dobbelt mod Underfalds-Hjulet.

Brysthjulet er det sædvanligste, det kan betragtes som et Mellemslags imellem Overfalds-Hjulet og Underfalds-Hjulet. Istedetfor at Vandet ved Overfalds-Hjulet løber over det, eller ved Underfaldshjulet under det, udstrømmer det ved Brysthjulet omtrent i lige Høide med Hjulets Axel, eller ogsaa lidet under den, og den Bane eller den Muur, nedad hvilken Vandet løber, har Skikkelse af en Cirkel, beskreven fra Hjulets Axel som Midtpunct, saa at de yderste Kanter af Skovlerne i en heel Fjerdedeel af Cirklen næsten berøre Muren. Hjulets Indretning sees af Fig. 112, Tab. X. hvor *opq* er Hjulet, seet fra Siden; det har Skovler ligesom Underfaldshjulet, men, istedetfor at ved dette Vandet virker ene i den nederste Deel paa *q*, virker det her foroven paa *p*, idet det løber udaf Stigbordet eller Sluſen *r*, der, efterſom den hæves eller sænkes, tillader en større eller mindre Vandmængde at virke paa Hjulet, og, da Skovlerne passe saa nær som muligt i den murede Krands *st*, dog uden at stode an, saa kan intet Vand undslippe uden at gjøre sin Virkning.

I de Undersøgelser, **Smeaton** har gjort over Vandmøllehjulene, har han betragtet alle de Hjul, hvor Vandet hindres fra at falde ned uden at dreie Hjulet, som Overfaldshjul, hvis Kraft forholder sig til den lodrette Høide af Faldet; medens derimod alle de, der modtage Stød af Vandet, maae anfees som Underfaldshjul. Brysthjulet er af første Slags; thi, uagtet dets Skovler ere blot udadstaaende Brædder, og ikke

Spande, saa er dog Renden, hvori Hjulet løber, muligst ligeløbende med Skovlernes Kanter, og slutter endogsaa op mod Siderne af Hjulet, saa at saameget som muligt af Spilden af Vand forebygges, Rummet imellem to Skovler og den omgivende Rende bliver saaledes for en Tid at anse som en Spand, og det er paa denne Maade, at Brysthjulet drives baade ved Vandets Vægt og tillige ved dets Strømning; thi, da Vandet er indesluttet saaledes, at det ikke kan sprutte ud eller gaae tilspilde, maa det med stor Kraft drive Hjulet. Uagtet denne tilsyneladende Fordeel, staaer Brysthjulet i sin Virkning dog betydeligen tilbage for Overfaldshjulet, ikke blot paa Grund af den ringere Høide, hvorfra Vandet udstrømmer, men ogsaa formedelst det Spild, som Brysthjulet stedse, om det ogsaa er nok saa godt udarbeidet, medfører. Naar det var aldeles nøie bearbeidet, skulde dets Virkning, ifølge Smeaton's Undersøgelser, være lig Virkningen af et Underfaldshjul, hvor det paavirkende Vand kan regnes at være den Vandmasse, der er fra Overfladen af Vandet i Mølledammen til det Punct, hvor det støder an mod Hjulet; og hertil lagt Virkningen af et Overfaldshjul, hvis Høide er fra Anslagspunctet ned til Afløbs- eller Spildevandet. Dette er imidlertid under den Forudsætning, at Hjulet modtager Slaget af Vandet retvinklet imod dets Radius og, at enhver Ting paa det Fuldkomneste er udarbeidet. I Udførelsen har man fundet, at Brysthjulet just bruger dobbelt saa meget Vand, som et Overfaldshjul, naar det skal udrette det Samme, og ellers alle øvrige Omstændigheder ere lige, saasom Hjulets Tværlinie, Skovlernes Brede, Antal o. s. v. Beregningen, i det Mindste saaledes som den er ført af forskjellige Forfattere, synes at angive mere; thi man har ved denne, eller theoretisk, fundet, at Overfaldshjulets Kraft forholder sig til Brysthjulets som 13 til 5; men denne Theorie forudsætter, at ved begge intet Vand gaaer unyttet bort, Noget, som ikke finder Sted i Udførelsen.

For at eet eller andet af de omtalte Hjul kunde virke med største Fordeel, er det nødvendigt, at Afløbsvandet, eller det Vand, som har virket paa Hjulet, aldeles frit kan løbe

bort; thi er dette ikke Tilfældet, dynger det sig op og danner en Modstand for Skovlerne, hvilken følgeligen hindrer betydeligen Hjulets Hurtighed og Kraft, ja denne kan endog stundom være saa stor, at den aldeles hindrer Hjulet fra at gaae. Een af de simpleste og virksomste Maader til at fjerne denne Ubegvemmelighed er et Middel, der ikke er meget bekjendt eller anvendt, og som bestaaer i at danne to Afløb eller Canaler igjennem Muren paa hver Side af Vandhjulet, saaledes at en Deel af det øverste Vand flyder umiddelbart foran for Hjulet ned i Spildevandet. Det Vand, der saaledes løber ned, driver med stor Heftighed Spildevandet foran for sig, og danner et Bassin eller en Huulning, hvori Hjulet kan gaae frit, endog om ellers Omstændighederne vilde frembringe Spildevand 12 til 18 Tommer høit; og efterdi der kun er meget Spildevand om Vinteren, eller naar der er overflødigt Vand, kan det Vand, som løber igjennem Canalerne, uden nogen Ubegvemmelighed, gjerne undværes. Enhver af Canalerne er endvidere forsynet med et Stigbord eller en Sluse, hvorved Vandet kan reguleres efter Behag, eller endogsaa Canalen aldeles lukkes, naar der er Mangel paa Vand.

De tre forskjellige Slags Vandhjul ere de eneste, som anvendes, og ville ikke betydeligen kunne forbedres, da deres Principer stedse maae forblive de samme. Overfaldshjulet har imodtaget en Forbedring derved, at Vandet bringes til at løbe ikke ligefrem over Hjulet, saaledes som i Fig. 111, men formedelst et Stigbord over den modsatte Deel af Hjulet, paa hvilken Deel da Skovler ere anbragte, saaledes bringes en større Deel af Hjulets Omkreds til at virke end ellers. Denne Indretning har Peter Nouaille udført i en stor Mølle i Kent. Man har forskjellige Forslag til Forbedringer af Besant, Smart, Perkins o. fl., hvilke bestaae fornemmeligen i at give Skovlerne en særegen Skikkelse.

Der er endnu een Maskine for at frembringe Bevægelse og Kraft ved Vand, nemlig Barker's Centrifugalmølle. Her virker ikke Vand ved dets Vægt eller Moment, men ved dets centrifugale eller midtpunctflyende Kraft og den Modstand, det lider, ved at gaae igjennem Luften. Dens almindelige

Indretning viser sig Fig. 113, hvor *uv* er et Metalrør af betydeli Høide, dets øverste Deel *v* er noget videre og dannet som en Tragt. Røret holdes oppe i dets lodrette Stilling, da det hviler forneden paa en Staaltap, der løber i en Messing-Bøsning *t*, og foroven har en rund Staaltap, der gaaer igjennem det øverste Rammestykke *yy*; saaledes kan altsaa Røret *uv* bevæge sig rundt med saare liden Rivningsmodstand. Ud fra den nederste Deel af Røret gaae to andre vandrette Rør, som have to Aabninger *a* og *z*, hvorfra Vandet udstrømmer i modsatte Retninger. Oven i Tragten løber stedse Vand ud af en Munding *b*, saa at Røret *uv* bestandigen fyldes, dog uden at løbe over. Vandet trykker nu i Forhold til dets Høide overalt indvendigen paa Siderørene; men da disse have Aabninger *z* og *a*, vil paa dette Sted Trykket ophøre og saaledes det lige modsatte Tryk virke til at drive *uv* om i modsat Retning af Vandstraalen, og *uv*, som saaledes faaer en hurtig omdreiende Bevægelse, vil være istand til at drive rundt en Mølleſteen eller en Løber, som er befæstet foroven ved Arten *x*. Denne Maskine, som paa Fastlandet kaldes **Segner's hydrauliske Maskine**, eftersom Professor Segner i Halle har i Aaret 1747 angivet den, omtales med megen Berømmelse i de fleste hydrauliske Skrifter, og dens Theorie er undersøgt af Euler og Flere; Kraften er ikke blot afhængig af den lodrette Høide, men tillige af den midtpunctflyende Kraft, som frembringes i Armen, og som foranlediger en langt hurtigere Omdreining end ellers vilde have fundet Sted, blot formedelst Høiden af Vandsøilen. I Frankrig har man angivet nogle Forbedringer ved samme, man har nemlig bragt Vandet istedetfor at falde ned i Røret *uv*, til at drives op i samme; Maskinen kan saaledes gjøres mindre. Af denne Indretning har man en allerede i Aaret 1776 beskreven Maskine, som skal have været i Lyon; dens Arme vare fra Midten til Udløbshullet 46 Tommer lange, og Armene indvendigen af 3 Tommers Vide, Røret *uv* af 2 Tommers Vide, den fik sin Næring fra en Vandbeholdning, der var 21 Fod over Armenes og Udløbshullernes Høide; saaledes gjorde Maskinen, uden videre Last end dens egen Vægt, som var 80 ℔, 115 Omløb i eet Minut.

Den Hurtighed, som saaledes frembragtes, og som vilde svare til 46 Fod i eet Secund, er en større Fart, end den, der ene skyldes Faldet igjennem de 21 Fod, og Forsøgelsen maa saaledes tilskrives den af de lange Arme opstaaende midtpunctflyende Kraft. Det synes imidlertid ikke, at denne Maskine har været anvendt til noget virkeligt Arbeide, selv ikke i England, hvor Vand som enhver anden Kraft, har havt saa mangfoldige Anvendelser; og saaledes synes, uagtet alle de Lovtaler og Anbefalinger, denne Maskine har erholdt, Erfaringen ikke endnu at have svækket vor **Kratzensteins** Paastand,*) at vel har denne Maskine lige Værd med de sædvanlige Vandhjul, ja vel endog Fortrin, saasom ved den intet Vand gaaer tilspilde; men at Constructionen har Vanskeligheder, som ikke kunne opveies af denne Fordeel.

Anvendelsen af Vand til at drive Maskinerie er saa simpel, koster saa lidet og er saa stadig og ligelig i sin Virkning, at den fuldeligen fortjener det Fortrin, man viser den, fremfor hver anden Kraft; men saare hyppigt indtræffer det, at man maa give et Maskinerie Kraft og Bevægelse, hvor intet rindende Vand kan haves, og hvor, dersom Dyrekraft skulde anvendes, denne blev enten for kostbar, eller ikke passede sig med Omstændigheder, som Stedet foranledigede (f. Ex. i bebyggede Steder har det stedse en Vanskelighed at give Heste en tilstrækkelig Bane eller gjøre Bommen, hvorpaa de trække, lang nok); her er det at **Dampmaskinen**, ved sin herlige Indretning og Virksomhed, viser sin fulde Nytte. Ihvorvel Dampmaskinen beskrives her, er det ikke en Maskine, som hører til Vandets Bevægelseslære, men er snarere en Maskine, der grunder sig paa Lufttryklæren, eftersom Vandet ikke anvendes i dets naturlige Tilstand, men ophedet og forvandlet til Damp, og som saadan virkende paa forskjellige Klapper og Stæmpler.

Varmen virker i Almindelighed paa alle Legemer, saaledes at den vider dem ud; en ophedet Metalstang er længere end en kold; Vand, hvis Varmegrad er 30 Grader, indtager større

*) Kongelige Videnskabers Selskabs Skrifter. Tolvte Deel. Kbhvn. 1779. S. 158.

Rum end det samme Vand, afkjølet til 10 eller 5 Graders Varme; som Jis vil det vel udvide sig, men dette er ene formedelst den Luft, Isen rummer. Opheder man Vandet betydeligt, saaledes at det faaer 80 Graders Varme, da vil det raskt fordampe eller ophøre at være draabeflydende, og en eneste Cubiktomme vil, naar Heden vedligeholdes, saa at alt Vandet fordamper, frembringe 2000 Cubiktommer Damp; og ophede vi denne Damp endnu videre, idet vi ikke tillade den at undvige, men indeslutte den i et stærkt Kar, saa, tiltager, og det betydeligen, naar Heden drives over 80 Grader, baade dens Udstrækning og dens Spændighed.

Fordampningen, som vel ved enhver Varmegrad gaaer for sig, men langsomt og usynligt, bliver ved en Hede af 80 Grader kjendelig. I enhver Deel af Vandet, der ophedes, danner sig Damp, der som Bobler stige opad og foraarsage den Bevægelse i Vandet, ifølge hvilken det siges at koge. Denne Kogning finder under det sædvanlige Lufttryk Sted ved 80 Graders Varme; dog have vi forhen omtalt (S. 104), at, naar Lufttrykket formindskes, koger Vandet lettere; formeres Trykket, idet at enten sammenpresset Luft eller ogsaa selve Dampen trykker paa Vandet, da vil Kogningen ikke finde Sted ved 80 Grader, men først ved en høiere Varmegrad, som er afhængig af den Kraft, der trykker paa Vandet.

Heraf lære vi, at Vandets Kogepunct ingenlunde er bestemt, men ene afhængigt af de Omstændigheder, under hvilke Vandet bringes i Kog, ved altsaa at ansætte 80 Grader som Kogepunctet, forudsætte vi et Lufttryk, der svarer til 28 Tommers Barometerhøide. Er Qvikselvhøiden mindre, da koger Vandet lettere; er den større, vanskeligere. Den frembragte Damp bliver saaledes en nøiagtig Modvægt mod Trykket, der udøves paa Vandet, saa at, naar Vand koger just ved 80 Graders Varme under en Qvikselvhøide af 28 Tommer, vil den være just i Kraft lig Trykket af Atmosphæren paa den udvendige Side af Kjedlen. Men antage vi, medens Kjedlen er aldeles tætsluttet, at Heden drives over 80 Grader, da vil Spændigheden af den indesluttede Damp tiltage og sprænge Kjedlen. Men inden dette skeer, har ogsaa et i Kjedlen inde-

sluttet Thermometer viist mere end 80 Grader. Damp, som den beskrevne, der er i Tryk lig med en Qvikſølvhøide af 28 Tommer, altsaa næsten af 14 ℔ paa Qvadrattommen, kaldes atmosphæriſt Damp eller **Damp af een Atmoſphære**; har den dobbelt eller tredobbelt Kraft, altsaa er lig et Tryk af 28 eller 42 ℔ paa Qvaddrattommen, kaldes den Damp af to eller tre Atmosphærer o. s. v. Forsøg synes at vise, at man ved at ophede Dampen kan i det Uendelige forøge dette Tryk eller Dampens Spændighed; i det Mindste have de Kar, hvori man indesluttede den, alle maattet give efter eller ere sprængte ved Dampens forøgede Spændighed.

Det meest passende Apparat for at anstille Forsøg med Damp er afbildet Fig. 114. Det bestaaer af en stærk huul Kobber- eller Messing-Kugle *a*, omtrent af 4 Tommers Diameter, der staaer paa et Stativ, hvorunder kan anbringes en Spiritus- eller anden stærkvirkende Lampe. Oven i Kuglen ere 4 Aabninger; i den midterste af disse er et lige Glasrør 30 til 40 Tommer langt, som er aabent baade foroven og forneden og gaaer igjennem en aldeles lufttæt indskruet Messingbøsning, den nederste Ende staaer i en Skaal, der rummer saa meget Qvikſølv, som just vil fylde Røret. Et Qvikſølv-Thermometer er indsat i en lignende Bøsning *c*, som slutter det andet Hul. Det tredie Hul *d* har en kegledannet Sikkerheds-Prop, der aabner sig udad, men holdes nede ved en passende Fjeder. Det fjerde Hul *e* har en Spærhane, der tjener til at udpumpe Luften eller til pludseligen at lade al Dampen undvige, eller ogsaa at bortføre den ved et Rør for videre at anstille Forsøg ved samme; *ff* er en inddeelt Maalestok, ved Hjælp af hvilken vi maale Qvikſølvhøiden i det lange Rør. Ved Hjælp af et saadant Redskab lader Vandets Varme og den tilsvarende Spændighed af Dampen ved Varmeprøveren og Qvikſølvrøret sig samtidigen undersøge; Qvikſølvhøiden, iagttagen paa Maalestokken, vil nemlig afgive et Maal for Trykket indvendigen paa Qvikſølvet i den aabne Skaal. Paa denne Maade have **Bettancourt** og senere **Dalton** anstillet Forsøg over Dampens Hede og forholdsmæssige Spændighed, de nyeste Forsøg ere anstillede i Frankrig

af det franske Videnskabers Selskab. Efterfølgende Tabel vil fremstille disse Forsøg.

Tryk.	Varmegrad.	Tryk.	Varmegrad.
1 Atm.	80,0	5 Atm.	123,1
1½ —	89,8	5½ —	126,3
2 —	97,5	6 —	129,2
2½ —	103,6	6½ —	131,8
3 —	108,5	7 —	134,2
3½ —	112,6	7½ —	136,6
4 —	116,2	8 —	138,4
4½ —	119,7		

Den ovenstaaende Tabel viser blot det forholdsmæssige Tryk af Damp; Atmosphærens Tryk i sin Middelstand antages at være 1 og svare til Vandets Kogepunct eller 80 Graders Varme, og en halv Gang større Tryk eller et Tryk af 1½ Atmosphære svarer til 89,8 eller næsten til 90 Graders Varme; et Tryk af 3 Atmosphærer svarer til 108,5 eller 108½ Graders Varme o. s. v. Vi see, saaledes at Trykket ikke tiltager ligeligen med Varmen, men i et stærkere Forhold; thi for at forøge Trykket fra 1 til 3 Atmosphærer kræves en Forøgelse af Varmen fra 80 Grader til 108½ Grad altsaa for de to Atmosphærer 28½ Grad; fra 3 til 5 Atmosphærer en Varmeforøgelse fra 108,5 til 123,1 d. e. for disse to Atmosphærer 14,6 Grad; fra 5 til 7 Atmosphærer en Varmeforøgelse af 11,1 Grad; og saaledes, jo høiere Trykket stiger, jo mindre Varmeforøgelse behøves for at frembringe samme.

Trykket, som Dampen udøver paa Kjedlen, findes let ved samme Tabel; thi vi vide, at Atmosphærens Tryk kan regnes til 14 ℔ paa Qvadrattommen, altsaa giver 1½ Atmosphære eller 89,8 Graders Varme 21 ℔'s Tryk, 3 Atmosphærer eller 108,5 Grads Varme 42 ℔'s Tryk, 8 Atmosphærer eller 138,4 Grads Varme 112 ℔'s Tryk paa Qvadrattommen; dog da det udvendige Tryk er af een Atmosphære, saa maae vi fra alle

disse Størrelser drage 14 ℔, altsaa vil med 89,8 Grads Varme Kjedlen kun lide et indvendigt Tryk af 7 ℔ paa Qvadrattommen, med 108,5 Grads Varme et Tryk af 28 ℔ o. s. v. Inden vi bruge nogen Dampkjedel, bør den undersøges paa det Nøieste, om den udholder et Tryk, endogsaa betydeligt større end det, hvormed Maskinen i Almindelighed arbeider.

Dersom den Kraft, der udøves af Dampen, er bekjendt, kan paa samme Maade Varmen af det Vand, der frembringer den, findes ved en omvendt Regning. Er Dampens Tryk saaledes lig 2 Atmosphærer eller 28 ℔ paa Qvadrattommen, maa dens Varmegrad være 97,5 Grader og saaledes fremdeles ved ethvert andet Tryk. Idet vi gjøre Forsøg med Damp er det stedse bedst, at undersøge Dampens Spændighed ved en Qvikfølvprøver, ihvorvel det, saaledes som det siden vises, ogsaa kan skee ved Klapperne, og den Vægt, hvormed de betynges. I det Instrument, som er fremstillet Fig. 114, vil Dampen, der danner sig i den hule Kugle *a*, trykke paa Overfladen af Qvikfølvet i den lille Skaal og drive det op i Røret *ff*. Men da Damp af 80 Graders Varme holder Ligevægt med det sædvanlige Lufttryk og Røret *ff* er aabent foroven, kan Qvikfølvet ikke begynde at stige, før denne Varme er forhøiet, og, da Atmosphærens Tryk er 14 ℔ paa Qvadrattommen og bærer omtrent en Qvikfølvsøile af 28 Tommers Høide, saa vil en Forandring af 2 Tommer i Høide svare til en Forandring i Tryk af 1 ℔. Saaledes bliver en Qvikfølvprøver, brugt i Forening med et Barometer, et meget nøiagtigt og følsomt Redskab til at bestemme Dampens Kraft; hvorfor ogsaa en saadan Prøver er eller bør stedse være anbragt paa enhver Dampkjedel for at vise Beskaffenheden af den indesluttede Damp. Den Prøver, der almindeligen bruges, er hævertformig og bestaaer, som Fig. 115 udviser, af et bøiet Jernrør *gh*, som er aabent i begge Ender; *i* er en Plade, ved hvilken hele Redskabet er skruet til den øverste Deel af Dampkjedlen, eller til eet eller andet Rør, der fyldes med Damp af samme; den nederste Deel af Prøverens Rør er fyldt med Qvikfølv, som fra *g* til *h*, og en tynd Stok *k* er indstukken i den øverste Deel *h*, saa at den svømmer paa Qvikfølvets Over-

flade, og stiger og falder med denne; følgeligen vil dens øverste Ende udpege paa Maalestokken *l*, der er inddeelt i hele og halve Tommer, hvad Høide Qvikſølvet har. Virker ingen Damp paa Redſkabet, da vil Qvikſølvet staae lige høit i begge Rør og det Øverſte af Stokken *k* vil pege paa det nederſte Punct af Maalestokken; men, naar Damp træder igjennem Aabningen ved *i* ind i Røret, da vil den trykke paa Qvikſølvet i *g*, og saaledes hæve *k*, der da vil angive Dampens Spændkraft. Een Tomme af denne Maalestok svarer til to Tommer (ligesom ved Hævertbarometret S. 97), og altsaa til et Tryk af eet Pund paa Qvadrattommen.

Efterat vi saaledes have viist, hvorledes Dampens Kraft lader sig udmaale, maa Nødvendigheden af en saadan Maalen blive indlysende, eftersom vi tillige have omtalt, at intet Kar er stærkt nok til at modstaae Dampens Kraft, naar Heden drives meget vidt. Herpaa have vi destoværre mange sørgelige Exempler, da den Voldsomhed, hvormed Dampkjedlen er sprængt, har foraarsaget, at Alt i Nærheden er splittet til alle Sider, og har saaledes ei blot paa Maskinen og Bygningen anrettet betydelig Skade, men tillige kostet mange Mennesker Livet. Vi have flere saadanne Tilfælde der have fundet Sted paa Dampskibene;*) men, da vi nu kjende nøie Dampens store, og ogsaa, naar den misbruges, farlige Kraft, og tillige Midlerne til at afvende Følgerne af ethvert voldsomt Udbrud af dens forhøiede Spændighed, ere vi aldeles Herrer over denne Kraft og kunne, naar vi blot anvende den Forsigtighed, vi skylde vort eget og vore Medmenneskers Liv og Eiendom, trygt lede den til vort Tarv og til de store Formaal, som vi ene ved den kunne opnaae.

For at erholde et Begreb om Dampens umaadelige Udvidekraft og dens Heftighed, naar den er indesluttet, behøve vi blot at tage Hensyn til Virkningen af een af de saa kaldede

*) Det bør bemærkes, at altfor ofte tilskreves Kjedlens Sprængen de Ulykker, som fandt Sted paa Dampskibene. Uforsigtighed hos Passagererne og Skibsfolket har foranlediget paa Dampskibene ligesaa mange, om ikke flere, Ulykker, uafhængigt af Maskinen, end just Kjedlens Sprængen.

Knaldperler. Disse ere dannede af en Glaskugle, lidet større end en Ært, og have en Hals omtrent ½ Tomme lang. Kuglen er halvt fyldt med Spiritus, eftersom dette lettere bringes i Kog end Vand, og er dernæst tilblæst aldeles tæt. Stikke vi en saadan Knaldperle med Halsen nedad i et Lys tæt ved ved Flammen, vil den indesluttede Spiritus snart komme i Kog og forvandle sig til Damp, der vil sprænge Glaskuglen med et Knald, som af en Pistol, slaae Vægen af Lyset ned og kaste Glasstumperne til alle Sider. Vi bør anvende Forsigtighed ved dette Forsøg for at Glasset ikke skal springe i Øinene, og derfor bør vi først aabne Lysevægen og sætte Knaldperlen ind, dernæst stille Lyset bag en Skjerm og saa antænde det, saa at vi kunne have Tid til at gaae af Veien, inden Perlen sprænges.

Dampens Kraft kan og vises paa en ret moersom Maade ved **Aeolipilen** eller **Vindkuglen**, som er afbildet Fig. 116. Den bestaaer af et lidet Metalkar *m*, af en kugledannet Skikkelse, hvilket har en Sikkerhedsklap *n*, forsynet med en Fjeder og et Rør eller en Hals, der gaaer fra den øverste Deel og ender sig i en meget liden Aabning i *o*. En Spirituslampe er anbragt i *p* for at koge den Spiritus eller det Vand, hvormed Karret *m* er halvt fyldt; da ifølge Karrets Stilling denne Vædske ikke kan udflyde, vil Dampen ene strømme ud af Aabningen *o* med en Kraft, der er afhængig af den Hede, Lampen giver, og det med en saadan Magt og en Susen, som om en heftig Vind blæste. Karret bæres af en Fod *qq*, saa at Lampen *p* kan anbringes under det; stundom er denne Fod forsynet med Hjul, som *r*, *r*, *r*; da vil Kraften af Dampen, som strømmer udaf *o*, gjøre saadan Modstand mod Luften, at hele Maskinen drives tilbage i en Retning, modsat Retningen af den udstrømmende Damp. Dog, ihvorvel saaledes Bevægelse frembringes ved Dampudviklingen, er denne saa ringe, at vi ikke heraf kunne gjøre nogen Anvendelse. Det fortrinligste Brug af Vindkuglen er dens Anvendelse som Blæserør, eller istedetfor en Blæsebælg, idet vi lade Dampstrømme stige igjennem Flammen af et Lys; vi behøve ikke at befrygte, at Dampens Fugtighed skal udslukke Lyset, thi den er saaledes for-

tyndet, at de faa Vanddele, den medfører, ikke ville formaae at svække Heden af Luen. Sikkerhedsklappen *n* er for at forekomme de farlige Tilfælde, som let kunde opstaae, naar Aabningen *o* paa een eller anden Maade hændesesviis tilstoppedes; thi saa vil Klappen springe op, og den indesluttede Damp udstrømme af den derved gjorte Aabning.

Eet af de tidligste Forslag, vi finde angivne for ved Damp at frembringe Bevægelse og en til Maskinerie anvendelig Kraft er Italiæneren **Branca's**; han foreslog at forfærdige en Vindkugle af betydelig Størrelse og dertil et Hjul med Skovler, ligesom det Fig. 109 afbildede Vandhjul. Naar disse Skovler Tid efter anden kom lige ud for Vindkuglens Aabning *o*, bleve de ved den udstrømmende Damp drevne frem, og Hjulet blev saaledes sat i Bevægelse. Denne Indretning kunde altsaa ansees som et Slags Vindmølle, hvorpaa Damp virkede; men det synes ikke, at denne Anvendelse af Dampen har medført nogen væsentlig Fordeel; først da man lærte at betjene sig saavel af Dampens Fortætning som af dens Spændighed, opstod den Kraft-Anvendelse, der nu virker i vore Dampmaskiner, og altsaa først fra den Tid kunne vi regne deres Opfindelse.

Ved Dampens **Fortætning** forstaae vi ikke, at den trykkes sammen i et snævrere Rum, saaledes som det er Tilfældet med Luften (S. 106), men at der indvirkes paa samme, saa at den atter forvandles til Vand. Vi have udviklet Forskjellen imellem Luft og Damp (S. 84), ligesom og, hvorfor hiin kaldes et bestandigen sammentrykkeligt flydende Legeme; thi Luften beholder i det Mindste under alle de Varmeforandringer, vi kunne frembringe, sin spændige Natur, hvilket ikke er Tilfældet med Damp; saasnart denne nemlig kommer i Berøring med et Legeme, hvis Varmegrad er lavere end Kogepunctet af den Væske, hvoraf Dampen udvikledes, forandrer den sig atter til den draabeflydende Væske og det, hvis dette Legeme er meget koldt, næsten øieblikkeligen. Hvis vi saaledes istedetfor at lade Dampen frit udstrømme udaf Vindkuglens Aabning, lade den opfanges af en kold Metalplade, da beslaaes denne strax, og Dampen taber aldeles sin Spændkraft, saalænge indtil Me-

talpladen af den stedse tilstrømmende Damp ophedes til en Varme, lig Vædskens Kogepunct, altsaa ved Vand til 80 Graders Varme.

Dampens Natur og hvad Forskjel der er, om der er nogen, imellem denne og de Gasse, vi antage at være bestandigen sammentrykkelige, er snarere Gjenstand for en **chemisk**, end for en **mechanisk** Undersøgelse. Men, da Dampmaskinens Virksomhed ikke kan forstaaes uden at fremsætte de Principer, der ligge til Grund for samme, vil en kort Udvikling af disse være nødvendig. Den, der først har afhandlet denne Gjenstand er Dr. Black i Edinburgh omtrent i Aaret 1757, men siden er den vidtløftigere undersøgt og prøvet af flere udmærkede Chemikere. Uden væsentligen at forandre Millington's Fremstilling, kunne vi her følge den Udvikling, Professor, Ridder Ørsted har givet af Varmelæren i sine **Erindringsord af Forelæsninger over Chemie**, hvorved, foruden at man bør antage Gangen at være flere af Læserne bekjendt, tillige vindes det, at alle de nyere Undersøgelser ere anvendte til denne Læres Bestemmelse. Varmen **udvider** Legemerne, hvilket vi ofte have havt Leilighed til at omtale, f. Ex. Stangen i Pyrometret (Side 54), den ved Varmen udvidede eller fortyndede Luft bringer Montgolfieren til at stige (S. 110) o. s. v. Ethvert **Thermometer** eller Varmeprøver grunder sig paa Legemernes Udvidelse ved Varmen, idet man nemlig bestemmer paa en Maalestok det Punct, Materien, der danner Varmeproveren, i Almindelighed Qvikselvet, ophedet til det kogende Vands Varme, indtager, og det Punct, den just ved Vandets Jispunct indtager, og afdeler den mellemliggende Deel af Maalestokken almindeligen efter **Reaumur** i 80 Dele, som kaldes Grader; til videnskabelige Undersøgelser deles denne Afstand nu hyppigt efter **Celsius** i 100 Grader, eller der vel ogsaa sættes, efter **Fahrenheit**, 212 Grader ved Vandets Kogepunct og 32 Grader ved dets Jispunct, og altsaa inddeles den mellemliggende Deel af Maalestokken i 180 Grader. Varmen gjør de haarde Legemer blødere, og, naar den stiger, draabeflydende, ja, bragt til en end høiere Grad, forandrer den dem til Damp. Vel formaae vi ikke at fremstille ethvert Legeme under disse

tre forskjellige Skikkelser, ja det bliver endog ofte vanskeligt at sætte dem under saadanne Betingelser, at de vise sig endog blot i to af disse Tilstande. F. Ex. flere af Metallerne kræve en betydelig Varme for at blive flydende, Qvikfølvet kan kun ved en betydelig Kulde bringes til at være fast eller til at fryse. Vand fremstiller sig i alle tre Skikkelser, fast som Is, over 80 Graders Varme*), luftformig som Damp. Egentligen er der vel ikke nogen væsentlig Forskjel imellem Dampe og Gasse eller Luftarter, uden forsaavidt at hine ved en endog hyppigst forekommende Temperatur fortættes eller blive draabeflydende, disse derimod kræve for at fortættes en Kulde, vi endog ved kunstige Midler hidtil ikke have kunnet frembringe. Enhver Vædske, som vi bringe til at koge, sætte vi i det Forhold, at Dampudviklingen begynder, saaledes koger Vand ved 80 Grader, Alkohol eller Viinaand koger ved 60½ Grad. Den Damp, der udvikles, og som altsaa har Varmen tilfælleds med Kogepunctet af Stamvædsken, eller den Vædske, hvoraf den udvikledes (i de anførte Exempler Vand og Viinaand), har just en Spændkraft, der staaer i Ligevægt med Atmosphærens Tryk; thi ved et ringere Tryk f. Ex. under Luftpumpen (S. 104), vilde Vædsken koge ved ringere Varme, under et større Tryk først ved en større Varme; altsaa vil al Damp, hvis Varmegrad er lig Stamvædskens Kogepunct, have lige Spændkraft. Det er saaledes blot ved at koge en Vædske i et indesluttet Kar eller ved i et indesluttet Kar end mere at ophede Dampe at vi kunne frembringe Damp af en høiere Spændkraft, eller lig et Tryk af flere Atmosphærer.

---

*) Her i Bogen bruges bestandigen Reaumur. Til videnskabelige Undersøgelser synes vel Celsius's Inddeling i 100 Dele at have Fortrin, ligesom den ogsaa staaer i Forbindelse med det nye franske Tideels-Maal- og Vægt-System, dog, da alle Varmeprøvere, der her forfærdiges og sælges, ere afdeelte efter Reaumur, vilde Bruget af Hundrededeels Maalestokken næsten stedse forudsætte en, om end let, dog hyppigt forekommende Reduction af de Tal, Forsøgene umiddelbart angive, og som vi ved Vanen ere fortrolige med.

Af det Fremsatte ville vi indsee, hvorledes vi kunne frembringe Bevægelse og Kraft ved en Dampudvikling; thi ophede vi Vand, som kun optager et ringe Rum, da udvider det sig som Damp og indtager saaledes et betydeligt Rum; afkjøles atter Dampen, da viser den sig som Vand i dets oprindelige liden Udstrækning; og det er just denne Forandring vi anvende ved Dampmaskinen. Paa en ziirlig Maade oplyses dette ved et lidet Redskab, som er indrettet af Dr. **Wollenston**, og i det Virkelige egentligen er en Dampmaskine i liden Maalestok; det er afbildet Fig. 117: *m* er et tyndt lige Glasrør, som foroven er aabent og til hvis nederste Ende er blæst en Kugle *o*, der indeholder nogen Viinaand. I Røret bringes et Stæmpel *n* til at passe noget løseligen ved at bevikle samme med Blaar eller Bomuld, som vil tætte tilstrækkeligen til dette Brug. Stæmpelstangen *p* er et meget tyndt Metalrør, hvis nederste Aabning vendes mod Kuglen *o* og den øverste dækkes ved en paaskruet Plade. Afskrue vi denne, da kan Luften undvige, og vi kunne trykke Stæmplet heelt ned; dernæst paaskrue vi atter Pladen og holde hele Redskabet ved Haandgrebet *qq* over et Lys eller en Spirituslampe *r*. Flammen vil snart bringe den i *o* indesluttede Viinaand i Kog og Dampen, som udvikledes, vil jage Stæmplet i Veiret, ja vel endog, hvis vi vedblive at holde Redskabet over Lampen, støde det aldeles ud; dog, istedetfor at lade dette skee, dyppe vi Kuglen i koldt Qvikfølv; den frembragte Damp fortætter sig da og forandrer sig atter til Viinaand, og under Stæmplet frembringes et næsten lufttomt Rum; men ovenfor trykker Atmosphæren, og Følgen er, at Stæmplet jages ned af Atmosphærens Tryk. Ved atter at holde Kuglen over Lampen og dernæst stikke den i Qvikfølvet, gjentages den hele Virkning.

Efter disse Bemærkninger vil nu Dampmaskinens Natur klart kunne indsees; men det vil ikke være upassende eller uden Interesse, inden vi gaae over til samme i dens nærværende Skikkelse, at give en kort historisk Udsigt over de Forandringer, der ere foretagne for at bringe den fra den første ufuldkomne Skikkelse, hvori den opfandtes, til dens nærværende Fuldkommenhed.

Den første Idee at erholde Bevægelse og Kraft ved Damp tilskrives næsten eenstemmigen Marquien af **Worcester**, en Adelsmand der levede i England under **Carl den Anden** og Aar 1663 udgav en liden Bog med den Titel: "The Scantlings of One Hundred Inventions" (Udkast til et Hundrede Opfindelser) i hvilken den findes som den 68de af disse Opfindelser.

Denne Bog, som almindeligen kaldes Century of Inventions, indeholder ikke mere end de blotte Navne og en dunkel Beretning om et Hundrede Opfindelser, som Marquien i sin Indledning siger, at han har gjort; men han underretter ikke sine Læsere om, hvorvidt de ere bragte i Udførelse, og mange af disse Opfindelser ere saa overdrevne, at man ofte har tvivlet om alles Virkelighed; men denne Tvivl fjernes i høi Grad, derved at flere af dem siden ere bragte i Udførelse. Saaledes er Maaden at give fjernede Steder Meddelelse ved Telegraphen med Bestemthed fremsat; og Dampmaskinen er angiven i saadanne Udtryk, at man aldeles ikke kan andet, end overføre disse paa den. — Han siger: "Jeg har opfundet en besynderlig og høist kraftig Maade til at drive Vand op ved Ild, ikke ved at drage eller suge det op; thi dette maatte være, som de Naturkyndige kalde det, inden for Virkningskredsen, intra sphæram activitatis, o: kun til en vis Høide. Men denne Maade kjender ingen Grændser, dersom blot Karret er stærkt nok; thi jeg har taget en Kanon, hvoraf den nederste Deel var afsprængt, og fyldt denne med Vand omtrent til $\frac{3}{4}$, dernæst tilstoppet og tilskruet Mundingen og Fænghullet, og gjort en stadig Ild under den; efter 24 Timers Forløb sprængtes Kanonen med et stort Knald; da jeg er i Besiddelse af en Maade at gjøre Kar saaledes, at de ere bestyrkede mod den indvendigen virkende Kraft, og at det ene fyldes efter det andet, saa har jeg seet Vand løbe i en stadig Straale 40 Fod i Veiret. Et Kar Vand, fortyndet ved Ild, formaaer at drive 40 Kar koldt Vand i Veiret, og den Mand, der passer Værket, behøver blot at dreie to Haner, paa det at, naar et Kar med Vand er forbrugt, et andet kan begynde at virke og fyldes atter med koldt Vand, og saaledes afvexlende. Ilden maa

passes og stadigen vedligeholdes, hvilket den samme Mand rigeligen udretter i Mellemrummene af den Tid, der er fornøden for at dreie de omtalte Haner."

Dette er den Beskrivelse, Marquien giver af sin Opfindelse, som er indklædt i saadanne Ord, at man aldeles ikke kan tage Feil af den; af hans Udtryk see vi tydeligen, at han i det Virkelige forsøgte Maskinens Virksomhed efter en stor Maalestok; ihvorvel vi ingen Spor have af nogen Efterretning om, hvor en saadan Maskine har været opreist. Vi kunne ikke andet, end undre os over, at en Maskine, der angives at have havt saadan Kraft, ikke skulde have tiltrukket sig Publicums Opmærksomhed; men erindre vi, at det hele Hundrede af Opfindelser blev bekjendtgjort paa een Gang, at mange af dem vare af saa mærkelig en Beskaffenhed, at de vakte Mistvivl, og at Bogen udkom i en Tid, der beskjæftigede sig med vaklende Forsøg, og paa hvilken først fulgte den sunde Indsigt og trygge Maade at slutte i Naturunderspgelser, saa vil det undre os mindre, at disse Opfindelser ere gaaede ubemærkede hen, efterdi de sandsynligviis bleve behandlede som Pralerier af en uvidende Markskriger, en Mening, der bestyrkedes ved at saa mange kom frem paa een Gang, og at mange af dem vare langt over den Tids Fatteevne og Erfaringer.

Da Dampens Natur og Kraft nu er almindeligen bekjendt, saa giver Marquiens Beskrivelse os tilstrækkelig Anviisning til at forfærdige en Maskine overeensstemmende med hans Grundsætninger; thi, hvis vi antage, at *q*, Fig. 118, er et stærkt og tætsluttet Kar eller Kjedel, fyldt tildeels med Vand og indmuret paa sædvanlig Maade, og at det forneden har et Ildsted *r* med Skorstenen *s*; saa vil dette være Midlet til at frembringe Damp; og antage vi, at to stærke hule Kar af en Kugleform eller af hvilkensomhelst anden Skikkelse ere under Overfladen af Vandet, nær Kjedlen, som *t* og *v*, og at ethvert af disse Kar har en Prop *u*, der gaaer op i dets nederste Deel og et Rør *w*, der gaaer oven ud af dem til Dampkjedlen *q*, medens to andre Rør *xx* gaae fra det Nederste af disse Kar til Vandkassen *y*, saa have vi en Maskine, meget nær lig den, Marquien har beskrevet. Thi fyldes begge Karrene

t og *v* med Vand igjennem Aabningerne ved *u*, *u*, og Hanen *z* aabnes, efter at Dampen tilstrækkeligen har samlet sig i Kjedlen, saa vil denne Damp strax styrte ind i Karret *t*, og drive alt det Vand, som indeholdes i samme, op igjennem Roret *ax* til Vandkassen *y*, hvor det vil holde sig, formedelst en Prop, der er anbragt et Sted i Roret, f. Ex. ved *a*. Naar dette er skeet, maa Hanen *z* lukkes, og, efterat vi have ladet Dampen en kort Tid samle sig i Kjedlen, aabnes Hanen *b*, da Dampen saa styrter ind i *v* og udretter det Samme, som forhen i *t*; Roret *xc* har en Prop ved *c*, ligesom den, det andet Rør havde ved *a*, for at hindre Vandet fra atter at træde tilbage. Da Dampen nu er udelukt fra Karret *t*, idet *v* tømmer sig, saa indsees af det, som ovenfor er bemærket (S. 213), at Dampen, der er ladet ind i *t* for at uddrive Vandet, vil blive fortættet ved det kolde Vand, der omgiver Karret *t*, og at saaledes en Tomhed i samme vil frembringes, hvilken bevirker at dets Prop *u* aabner sig, og Vandet styrter ind og fylder Karret, der saaledes er rede til, naar Hanen *z* aabnes, og Dampen indlades, atter at afgive Vandet til Kassen *y*; saaledes ville begge Karrene virke vexelviis, medens det ene tømmes, fyldes det andet, altsaa aldeles overeensstemmende med Marquiens Beretning, idet han siger: at en Mand blot behøver at dreie to Haner, paa det at, naar eet Kar af Vand er forbrugt, et andet kan begynde at virke o. s. v. Dog maae vi bemærke, at denne Figur udgives ikke for just at være en tro Afbildning af hvad, Marquien udførte; thi herom have vi ingen fuldstændig Underretning eller Afbildning. Den er derfor blot at anseе for at være Billedet af en Maskine, som omtrent maa have den Indretning, Marquiens Beskrivelse angiver eller lader formode; og lægge vi derhos Mærke til, at han ene taler om at hæve Vand 40 engelske Fod i Veiret, saa er denne Kraft ikke saa stor, som man skulde have formodet det; thi for at hæve Vandet 32 Fod kræves blot et Tryk af 2 Atmosphærer og for at hæve Vandet 40 Fod omtrent af $2\frac{1}{4}$ Atmosphærer eller af 31 ℔ paa hver Qvaddrattomme af Kjedlen, og fradrage vi det udvendige Tryk af een Atmosphære, saa vil endog kun Trykket være af $1\frac{1}{4}$ Atmosphære paa

Qvadrattommen eller af omtrent 17 ℔; et Tryk, som er ringe i Sammenligning med det Tryk af 30 til 40 ℔ paa Qvadrattommen, hvormed saare ofte vore Høitryksmaskiner arbeide.

Hvorledes Marquien blev bekjendt med den vidunderlige Kraft, han tilskriver Dampen, og om han nogensinde har seet eller hørt den anvendt til at hæve Vand, er ikke bekjendt; men vist er det, at, uagtet Opfindelsen af en Maskine, hvorved Damp anvendes, vel tilhører ham, have Forsøg at bruge den som en bevægende Kraft været gjorte, førend han bekjendtgjorde samme, dog maaskee uden at han vidste det; thi Branca's Forsøg, som vi forhen have omtalt (S. 210), ere gjorte 1628 eller 1629, og hans Maskine blev anbragt ved en Stampemølle; endvidere er det af et Manuscript af Samuel Morland, hvilket er fra Aar 1683, indlysende, at han maa have gjort mange betydelige Forsøg over Dampens Kraft, efterdi han giver Tabellen over Længden og Tværlinien af Dampstøvler, som ville hæve Vandmasser, angivne i Pund, til 6 Tommers Høide 1800 Gange i een Time, en Beregningsmaade, der, som vi siden ville see, i høi Grad ligner den nærværende forbedrede Maade at bestemme Kraften af Maskiner.

Uagtet Marquien af Worcester saaledes tydeligen har bestemt Naturen af sin Opfindelse, og Samuel Morland har anstillet sine Forsøg og beviist Opfindelsens Virksomhed, saa synes det dog ikke, at den bragtes i Virksomhed, før Capitain Savery erholdt et Patent for denne Maskine, som hans egen Opfindelse, idet han tillige angav, at den vilde være af stor Nytte for at udtørre Miner, forsyne Byer med Vand og drive alle Slags Møller. Denne Maskine kaldtes da og lang Tid efter Ildmaskinen (Fire-Engine), eftersom dens Virksomhed blev frembragt ved Ilden, men dette Navn er siden veget for Navnet Dampmaskine, medens Englænderne siden have brugt Navnet Ildmaskine til at betegne Ildebrandssprøiterne.

Principet for Savery's Dampmaskine er saa nær forbundet med Worcesters, at en særskilt Beskrivelse er ufornøden, dog er eller antages der at være nogen Forskjel i Indretningen. Marquien af Worcester taler, som man vil have bemærket, ene om Dampens Udvidekraft uden at tage nogen Hensyn til dens

Fortætning, ihvorvel denne har været tagen i Betragtning ved Fig. 118; dog hjælper Fortætningen ikke Maskinen til andet, end at derved Karrene *t* og *v* fyldes med Vand, og, som Følge heraf, er det ene Dampens Udvidekraft, der foraarsager, at Vandet hæves op i Vandkisten. Men, da Karrene *t* og *v* bestandigen ere under Vand, holdes disse meget kolde, og derfor vil hele den første Deel Vand, som træder ind, blive fortættet og aldeles gaae tilspilde, istedetfor at udøve sin Udvidekraft, og, da en betydelig Deel Damp saaledes gaaer unyttet bort, maa ogsaa den Brændsel, der anvendes for at frembringe denne Damp, spildes.

I **Savery's Maskine** ere disse Ubegvemmeligheder tildeels fjernede; thi, istedetfor aldeles at bebyrde Dampen med at hæve Vandet, hæver han det, saa høit han kan, ved Lufttrykket, idet han ved Dampens Fortætning frembringer et lufttomt Rum og dernæst udretter det Øvrige, eller hæver Vandet til Resten af Høiden, ved Udvidekraften. Istedetfor at anbringe Vandkarrene under Vandet, ere de hævede over samme eller omgivne af Luft, saaledes som det er fremstillet Fig. 119. I denne Figur er *d* Dampkjedlen, indmuret over Ildstedet, som det tilforn er beskrevet, *cc* er Røret, der afleder Damp, *i* en Hane, hvorved dette efter Behag kan lukkes eller aabnes, saa at Dampen enten kan aldeles indespærres i Kjedlen *d* eller ledes over i det lufttætte Kar, som staaer fast paa sit Sted. Den nederste Deel af dette har et Sugerør *e*, der gaaer ned i Brønden eller Vandbeholdningen, hvorfra Vandet oppumpes; dette Rør tilligemed Karret *g* maa være stillet saaledes, at den øverste Deel af Karret *g* ikke staaer mere end omtrent 28 Fod over Vandfladen. En Prop, der gaaer opad, er anbragt ved *m*, saa at intet Vand kan løbe fra Karret atter tilbage igjennem Røret *e*; et Stigerør *ff* gaaer fra den nederste Deel af Karret *g* op til en Vandkiste eller et andet høit Sted, hvortil Vandet skal hæves; ved eller andet Sted i dette Rør maa en Prop *l* være anbragt, saa at det Vand, der er jaget op i Røret, ikke atter kan vende tilbage. Antage vi nu, at det Hele er saaledes indrettet, at Karret *g* er tomt, og tillige Rørene *c* og *ff* ere tomme, saa

vil det være indlysende, at, naar Hanen *i* aabnes, vil den Damp, der har dannet sig oven i Kjedlen *d* gaae over i Karret *g*, og, da den ikke kan slippe igjennem *m*, saa vil den fylde hele Karret *g*, gaae ind i Røret *ff* og der aabne Proppen *l*; Luften, som først befinder sig i *g*, vil blande sig med Dampen, og saaledes undslippe igjennem Røret *ff*. Naar dette er skeet, lukkes Hanen *i*, Dampen vil da opdynge sig i *d* og atter vinde Kraft, saasom den er indesluttet; *g* vil forblive fyldt med Damp, indtil denne, ved at Karret *g* afkjøles, enten ved paagydet Vand, eller paa anden Maade, fortættes eller atter forvandles til Vand, hvorved dens Omfang overordentligen formindskes, saa at et lufttomt Rum opstaaer; Følgen heraf vil være, at Vand vil jages op gjennem Røret *e*, og at Karret *g* fyldes med Vand op til den prikkede Linie *rr*. Til samme Tid vil Dampen have opdynget sig saaledes i *d*, at, saasnart som Hanen *i* anden Gang aabnes, vil Dampen styrte ind i Karret *g*, der i Forveien tildeels er fyldt med Vand, og ved sin Spændkraft drive alt Vandet op i Røret *ff*, og dernæst atter fylde Karret, naar det er befriet for Vand, aldeles med Damp, som atter maa paa lignende Maade fortættes, efterat Hanen er lukket. Ved at afvexle med at aabne og lukke og tillige afkjøle med Vand, kan hvilkensomhelst Vandmængde drives op i Røret *ff*, forudsat blot, Dampen i Kjedlen *d* har Spændkraft nok til at overvinde Modstanden af Vandsøilen i *ff*, hvilket enten lader sig afgjøre ved Forsøg eller ved at tage Hensyn til Tabellen S. 206; thi, hvis *ff*'s Høide er 32 Fod, maa, overensstemmende med hvad, der er fremsat S. 207, Dampens Kraft være 2 Atmosphærer og altsaa dens Varmegrad 97,5 Grader.

Saaledes var den første Tilstand af Capitain Savery's Maskine; men siden indførte han mange væsentlige Forbedringer, som randt ham i Tankerne, idet han betjente sig stedse mere og mere af Opfindelsen; thi han byggede mange af disse Maskiner af betydelig Størrelse. For det Første fandt han det meget ubeqvemt at gyde Vand paa Karret *g* for at svale det, og, da Stigeroret maatte være fuldt af koldt Vand efter det første Drag, eller efter at Maskinen blot een Gang

havde virket, saa anbragte han et Rør og en Hane *k*, og ved at aabne denne udgjødes strax en Mængde Vand udvendigen over Karret *g*. Imidlertid spildtes ogsaa herved saameget Vand, at han siden anbragte ved Røret *hh* en fuldstændig Forbindelse imellem Stigerøret *ff* og Karret *g*, saa at, naar Hanen *k* aabnedes, sprøitedes Vandet ind i Karret *g*, hvorved Damp ved en langt mindre Mængde koldt Vand øieblikkeligen fortættedes. Ligeledes brugte han to Kar, som *g*, der, hver ved sit Rør, stod i Forbindelse med samme Dampkjedel, og saaledes dannedes, medens det ene Kar udtømmede Vandet, der indeholdtes i samme, i Stigerøret, i det andet et luftomt Rum, der fyldtes med Vandet, som sugedes op nedenfra. Endvidere ved at anvende en anden Kjedel eller en Hjælpekjedel, opfandt han en sindrig Maade, paa hvilken han erstattede det Vand, der fortæredes som Damp i Hovedkjedlen, uden at han havde nødig at standse Maskinen for at fylde denne. Begge Kjedler holdtes i Kog ved samme Ild; de vare aldeles tætte og skilte fra Forbindelse med den ydre Luft, og et Rør med en Hane gik næsten fra Bunden af den mindre Kjedel til Overdelen af den større, saa at den i den mindre Kjedel sig dannende Damp bidrog til at jage Vandet i den større, saasnart Forbindelsen imellem begge Kjedler bragtes tilveie ved at aabne Hanen. Vandet kom saaledes stedse i kogende Tilstand ind i den større Kjedel, og det var blot den mindre Kjedel, der Tid efter anden efterfyldtes med koldt Vand gjennem en Tud, der sluttedes med en Hane. Den store Kjedels Hede dæmpes saaledes aldrig ved at i samme hældes koldt Vand; en Omstændighed, der er aldeles væsentlig, og som man ogsaa har lagt Mærke til og omhyggeligen sørget for ved Indretningen af alle de nyere Dampmaskiner.

Ligeledes opfandt og anvendte Savery først **Prøvehanerne** for at afgjøre, om Kjedlen indeholdt den passende Vandmængde; ogsaa dem har man beholdt ved alle nyere Maskiner, og de ere af ikke ringe Vigtighed; thi, da en Maskinkjedel maa ifølge sin Natur være tæt og uigjennemsigtig, bliver enhver Ting, som tilkjendegiver Stillingen af Vandet indvendigen, af Vigtighed.

Provehanerne ere fremstillede i *no* og *pq* Fig. 119; de ere anbragte i Overdelen af Kjedlen, medens Rørene *n* og *p* som gaae fra dem, gaae ned i samme. Forend vi fremsætte deres Brug, bliver det nødvendigt tillige at anmærke, at alle Dampkjedler, især til Dampmaskiner, skulle være saa rummelige, at den Deel Vand, der koger i samme, ikke aldeles vil fylde dem; men at stedse foroven bør være et temmeligen stort Rum for at tjene Dampen som et Beholdningssted, hvori den kan samle sig, efterhaanden som den dannes. Hvis dette ikke indrettedes saaledes, vilde Dampstøvlen eller hvad andet Kar, der skulde fyldes med Damp, indeholde et større Rum end den Damp, som befandtes oven for Vandet i Kjedlen; og i dette Tilfælde kunde den nødvendige Damp, i det Mindste ikke med den tilstrækkelige Hurtighed, afgives; medens derimod, hvis den øverste Deel af Kjedlen indeholder 5 til 6 Gange saa megen Damp, som den, der ad Gangen anvendes, gjerne saa megen Damp kan borttages, som engang rummes i Dampstøvlen, uden at just derved den tilbageblivende Damps Tæthed væsentligen forandres, og saaledes vil Maskinens Hurtighed vedligeholdes; derimod, hvis dette ikke var Tilfældet, vilde Maskinen standses i sin Virkning, indtil Ilden vandt Tid til atter at danne den fornødne Damp. Det er derfor vigtigt, at Vandet i en Kjedel aldrig kan stige over en vis Høide, og ligesaa nødvendigt er det, at Kjedlen indeholder stedse en tilstrækkelig Mængde Vand, som kan udvikles til Damp og skaane Kjedlen for Ildens Paavirken; thi, naar en Deel af Metal, som er udsat for en heftig Ilds Virkning, ophører at bedækkes med Vand, saa er den stedse i Fare at blive forbrændt d. e. den bliver gloerød, opløses og faaer snart et Hul, et Tilfælde, som alle Dampkjedler ere udsatte for, naar de besørges af udnelige og uforsigtige Fyrpassere.

Naar man passer paa Provehanerne, ville disse til enhver Tid, naar Ilden brænder under Kjedlen, angive Høiden af Vandet i samme med al den Nøiagtighed, der kræves. De ere to smaae Messinghaner, som ere paa en aldeles lufttæt Maade indskruede i Overdelen af Kjedlen, og ere forenede med Rør, som gaae ned i Kjedlen; det ene Rør er 4 til 6 Tom-

mer længere end det andet; Rørenes hele Længde er indrettet efter den Høide, hvortil Vandet skal staae i Kjedlen. Er saaledes *ss* Vandlinien, saa naaer Røret *p* 2 til 3 Tommer under samme, Røret *n* 2 til 3 Tommer over samme. Da Røret *p* saaledes gaaer ned i Vandet, vil formedelst Dampens Tryk paa Vandets Overflade, kogende Vand sprøite ud af Hanen, derimod, naar *o* aabnes, vil Damp strømme ud, eftersom den nederste Ende *n* er fri for Vand. Dette vil stedse være Tilfældet, naar Vandlinien gaaer imellem *n* og *p* og altsaa tjene til Prøve, at Kjedlen har sit rette Vandforraad; thi, hvis Vand sprøiter udaf begge Haner, da er det et Tegn at Vandet staaer for høit eller over *n*, og at der altsaa ikke er tilstrækkelig Plads til Dampen, der danner sig oven i Kjedlen; medens derimod, hvis Damp strømmer ud af begge Haner, da er det et Tegn, at Vandet staaer for lavt eller under *p*, og at altsaa Kjedlen let er udsat for at forbrændes. Naar der er formeget Vand i Kjedlen, maa en Deel aftappes, naar der er for lidet, maa noget mere bringes ind, hvilket skeer ved en meget sindrig Opfindelse, som vi siden ville beskrive.

Capitain Savery bekjendtgjorde snart efter sin Opfindelse en Efterretning om dens Værd i en Bog, som han kaldte Grubearbeidernes Ven (the Miner's friend), i hvilken han beskriver Opfindelsen som sin egen og tillige angiver mange Anvendelser af samme.

Savery's Maskine synes at have været i temmeligen betydeligt Brug og var den eneste Indretning, der i flere Aar anvendtes i England, ihvorvel den var en saare kostbar Maskine og een, der stedse var forbunden med Fare, saameget mere da Sikkerhedsklappen ikke var opfunden; thi for at hæve Vand til en Høide af blot 150 Fod, som er en saare ubetydelig Høide i en Mine, behovedes der et Tryk af 5 Atmosphærer eller henimod 70 ℔ paa hver Qvadrattomme af Dampkjedlen, et Tryk allerede stort nok, for at, naar vi overskride dets Grændser, en Sprængen af Kjedlen let er at befrygte. Det, der foraarsager ved denne Maskine saa betydelig Udgift, er, at Dampen saa let fortættes ved at komme i Berørelse med et koldt Legeme, og følgeligen maa hele den første Deel af Dampen,

som drives ind i Karret *g*, blive fortættet ved at komme i Berørelse med det kolde Vand, der findes i Karret, og Dampen vil endog siden ikke kunne virke, førend den har ophedet Karret til den Varmegrad, den selv har, og, naar den har udrettet dette, da skal Karret atter afkjøles for at Dampen kan fortættes. Saaledes maa ved hvert Slag af Maskinen mere Damp bringes udaf Kjedlen end hvad, som er fornødent for at fylde Karret; thi den første Deel gjør Intet uden at den opvarmer Karret, saa at den anden Deel kan virke. Da der nu kræves en vis Mængde Kul til at frembringe en vis Mængde Damp, saa ere de Kul, som bruges til at frembringe den første Deel Damp, aldeles spildte. Men Brændslen er det, der foraarsager den væsentligste Udgift ved Dampmaskinen, og saaledes ville vi indsee, at denne Indretning umuligt kan være fordeelagtig, især i Sammenligning med de nyere Indretninger, som siden blive beskrevne.

Mange anse Capitain Savery som den, der har opfundet Dampmaskinen, ikke saa meget, fordi han selv har angivet det i sit Skrift, som fordi han har været den Første, der har udført den i det Store; og, erindrer man sig Marquis Worcester's ubestemte og overfladiske Beskrivelse, i hvilken han aldeles ikke indlader sig paa at angive Smaating, som Udførelsen dog stedse kræver, saa synes der just ikke at være nogen betydelig Grund at berøve Capitainen den Ære at være Opfinder. Desaguliers, en engelsk Naturkyndig, paastaaer, at der er intet Beviis mod, at Worcester jo angav at bruge Dampens Sammentrækning- eller Fortætningskraft, og vil ikke indrømme Savery nogensomhelst Fortjeneste, men anklager ham for at have taget Opfindelsen aldeles af Marquiens Beskrivelse og gaaer endog saa vidt, at han for at bestyrke sin Mening paastaaer, at Savery opkjøbte og brændte alle de Exemplarer af Marquiens forhen omtalte Skrift, som han kunde faae fat paa, for desto snarere selv at ansees som Opfinder. Denne sidste Beskyldning er dog ugrundet og støtter sig ikke paa andet Vidnesbyrd, end at Bogen pludseligen blev sjelden, og at faa Exemplarer først siden fandtes stjulte imellem Bogsamlernes Sjeldenheder.

Man kan ikke undre sig over, at Opfindelsen af en Maskine, der, som Dampmaskinen, lovede endog i sin Barndom store Fordele, er bleven tilegnet mange, hvor bestemt end Tidspunctet, i hvilket den først blev angiven, er afgjort; nogle franske Forfattere tilegne den saaledes deres egen Nation og nævne Amontons eller Papin som Opfindere. Sandt nok er det, at disse Mænd angave Maskiner, der skulde virke ved Ildens Kraft; men den Førstes Opfindelse, som, under Navn af Ildmølle, er beskreven i det franske Videnskabers Selskabs Skrifter for Aaret 1699, har aldeles ingen Lighed med Dampmaskinen. Papins saakaldte Ildmaskine er saa aldeles en Copie af Savery's Maskine, at de faa ubetydelige Forandringer ikke kunne give den Ret til at kaldes en ny Opfindelse. Men vi maae derhos tilstaae, at vi ere Dr. Papin skyldige det meget vigtige Tillæg til enhver tæt Dampkjedel, Sikkerhedsklappen, og at det var ham, der opdagede, at Vand, ophedet under Trykket af sin egen Damp kunde erholde en Varmegrad af meer end 80 Grader Reaumur. Dette Vand og Dampen af en høiere Varmegrad anvendte han til at uddrage Gallerten af Been og derfor kaldes ogsaa en saadan Kjedel med en Sikkerhedsklap, en Papinsgryde eller Digestor. Men det var ikke, førend Savery havde erholdt sit Patent, at Papins Opmærksomhed henlededes paa at anvende Damp som Bevægekraft; thi alle hans forrige Undersøgelser havde ene været henvendte paa Beskaffenheden og Varmegraden af Damp, som man hindrede fra at undslippe. Alle hans første Forsøg til at erholde Bevægekraft viste sig frugtesløse, ihvorvel de bleve gjorte paa Landgræven af Hessens Opfordring med betydelige Udgifter, og først 9 Aar efter den Dag, paa hvilken Patentet for Savery's Opfindelse var udstedt, var han istand til at bygge en Maskine, der frembragte Bevægekraft efter Grundsætninger aldeles lige dem, der fandtes i Savery's Maskine, af hvilken han siden selv tilstod at have seet Tegningen.

En nærmere Beskrivelse og Afbildning af Papins Maskine bliver unødvendig, da den deels findes i adskillige hyppigt forekommende Værker, saasom Belidors Architecture hydraulique og i Leupolds theatrum machinarum, deels er

saa aldeles lig Savery's forhen beskrevne og i Fig. 119 afbildede Maskine. Kjedlen *d* er den samme, undtagen at istedetfor Prøvehanerne *no* og *pq* er en Sikkerhedsklap, og at i Karret *g*, der er aldeles lige op og ned, svømmer en Træklods, som paa det Nærmeste er afpasset efter Karrets Vide indvendigen, og som saaledes hindrer den varme Damp at komme i Berøring med det kolde Vand. Dette er vel tildeels en Forbedring fremfor Savery; men, da Vandet efterhaanden falder, glider ogsaa Klodsen ned, og Dampen fortættes derfor ved at komme i Berøring med Karrets vaade og kolde Sider. Istedetfor at bruge Sugerøret *e*, stiller Papin sit Kar *g* saa layt, at Vandet kan af sig selv løbe ind, lige op til Høiden *rr*; saaledes bliver det mindre fornodent, at frembringe i *g* et fuldkomment lufttomt Rum, og følgeligen behøver ikke heller Karret saa aldeles at afkjøles.

Formedelst den simple Indretning af Savery's Dampmaskine har man gjort flere Forsøg for at forbedre den og bringe den i Anvendelse; men, formedelst den store Mængde Brændsel, der er fornoden for at frembringe Damp af en høi Varmegrad, og af hvilken Damp en Deel gaaer tilspilde ved hvert Slag, har man som oftest ikke opnaaet det forønskede Formaal, uden, hvor man kun havde en ringe Høide og hvor man ikke behøvede at spare Kul, f. Ex. i Kulminer; der er Maskinen stedse tjenlig, da den hæver en betydelig Vandmængde. Et godt Exemplar af een af disse Maskiner, som er i Virksomhed og er efter en stor Maalestok, er den, der er i Brug i P. Keir's Manufactur i Camden-Bye, som, naar den er i Orden hæver 7 engelske Cubikfod eller næsten $1\frac{1}{2}$ danske Tønder Vand, i eet Minut 20 Fod i Veiret, idet den gjør 10 Slag i eet Minut og fortærer i 12 Timer 6 Bushels ($1\frac{1}{4}$ Tønde) Kul. Dette Vand anvendes til at drive et Overfaldshjul af 18 Fods Tværlinie, hvilket, idet det dreier sig om, aabner og lukker Hanerne til rette Tid og tillige ved Remme driver det øvrige Maskinerie i Manufacturet. Denne Kraft er omtrent det Halve af hvad, der med samme Kulmængde, kan i vore nuværende meest fuldkomne Maskiner bringes tilveie.

Imellem de Forsøg, der ere gjorte for at forbedre dette Slags Maskinerie ere **William Blakey's, James Boaz's** og **John Pontifex's** de fortrinligste; de to sidste have erholdt Patenter, og Blakey's Opfindelse blev længe prøvet i en Mine i Cornwallis i det sydlige England med de meest levende Forhaabninger om et heldigt Udfald; indtil et Tilfælde aldeles endte Forsøgene; thi Dampkjedlen sprang med en saadan Voldsomhed, at man aldeles opgav denne Plan, som bestod i at anvende to Dampkar, som *g*, Fig. 119, det ene stillet over det andet; imellem begge var et Forbindelsesrør. Dampen indlodes ene i det øverste Kar, medens det nederste fyldtes med Luft, som, idet der afvexlende virkedes paa den af Dampens Udvidelser og Sammentrækninger, forplantede Virkningen til Vandet, der var bedækket med et Lag Olie, for at Varmen desto mindre skulde gaae tilspilde, idet den blev Vandet meddeelt. Denne hele Indretning var imidlertid for kunstig og fiin til at den med nogen Sikkerhed kunde anvendes i Udførelsen; men man lovede sig af samme, da Luften her traadte imellem, at, medens Fortætningen fandt Sted, skulde Luften træde op i det øverste Kar og atter vige for den paany indtrædende Damp. Erfaringen afgav imidlertid et ugunstigt Udfald.

Det er iøvrigt mærkeligt, at den Dampkjedel, som her anvendtes, ikke var et tætsluttende Kar, der stod over Ilden, men en Række af Jernrør, der vare forbundne og gik i skraae Retninger igjennem Ovnen, en Indretning, som meget nær stemmer overeens med hvad, der almindeligen ansees som en ny Opfindelse, og som siden vil blive beskrevet ved Woolf's Dampmaskine.

De Forsøg, der bleve gjorte med Savery's og Blakey's Maskiner i Tinminerne i Cornwallis, ledede til den næste store Forbedring ved denne vigtige Maskine; thi **Newcomen** fra Darmouth havde hyppig Leilighed til at besøge disse Miner; og, da han var en Mand af stor Skarpsindighed og mange Kundskaber, saae han de Farer og Vanskeligheder, for hvilke disse Maskiner vare udsatte, og derved bragtes han til at udfinde en anden, hvorved disse Mangler for det Meste forebygges. Nogle tilskrive dog Papin denne Opfindelse. Til samme Tid var

Papin rigtignok beskjæftiget med nogle Udkast til at frembringe bevægende Kraft ved Atmosphærens Tryk, og lede denne langt bort ved Hjælp af Rør, ihvorvel det aldeles ikke er tydeligt, at han havde bestemt udtænkt, paa hvilken Maade det fornødne lufttomme Rum skulde frembringes; thi stundom bleve Luftpumper, der skulde drives ved en mægtig Mølle, bragte i Forslag, til anden Tid Affyren af Krudt, og omsider Frembringelsen og Fortætningen af Damp. Ihvorvel alle disse Planer bleve bekjendtgjorte, vides det dog ikke, at Nogen benyttede sig af dem eller byggede nogen Maskine efter dem, førend Newcomen, der derfor ogsaa ansees som Opfinder, ihvorvel det er vist nok ifølge en Brevvexling, som fandtes imellem Dr. Hooks's efterladte Papirer, at Newcomen kjendte Papins Ideer.

Newcomen's Maskine var den første, i hvilken var anbragt en nøiagtigen boret Støvle med et deri aldeles passende Stempel, og ved hvilken man betjente sig af Atmosphærens Tryk, istedetfor Dampens Kraft, som man ikke saa nøiagtigt kunde udregne; paa Grund heraf kaldes Maskinen almindeligen **den atmosphæriske Dampmaskine.** Den store Fordeel, den har fremfor Savery's Dampmaskine, er, at Dampen i intet Tilfælde behøver at være betydeligen stærkere end den, der holder Ligevægt med det sædvanlige Lufttryk; hvorved al Fare fjernes og mindre Brændsel fortæres. Newcomen erholdt Patent paa denne Maskine, og forbandt sig med Een, ved Navn Cawley, en Glarmæster fra samme Bye; dog synes det, at han, ligesaalidet som Papin, i Begyndelsen har tænkt paa Damp; men blot taget i Betragtning, at, dersom han kunde frembringe et lufttomt Rum under Stæmplet i den store Støvle, maatte Atmosphæren jage det ned med en saadan Magt, at han derved vilde erholde en anvendelig Kraft; og, havde han ikke seet Virkningen af Savery's Maskine i Cornwallis og det lufttomme Rum, som der frembragtes ved Dampen, er det sandsynligt, at han aldrig vilde have tænkt paa dette Virkemiddel. Den berømte Hooke fraraadede ham at fortsætte sine Forsøg, i den Overbeviisning, at det aldrig vilde lykkes ham at erholde et saadant lufttomt

Rum under et stort Stempel, at deraf kunde bringes tilveie en anvendelig Kraft, skjøndt han indrømmede, at, naar dette kunde skee, vilde Maskinen nok svare til sin Hensigt. Methoden, ved Hjælp af fortættet Damp at frembringe et lufttomt Rum, tilhørte imidlertid Capitain Savery, og Eiendomsret dertil var bleven ham sikkret ved et Patent; følgeligen kunde Newcomen ikke betjene sig deraf, førend en Forhandling havde fundet Sted imellem begge Parter; et nyt Patent blev derfor udstedet i Aaret 1705, i hvilket Savery's, Newcomen's og Cawley's Navne forekomme, som samtlige Deeltagere, skjøndt det var vitterligt, at det Eneste, som Savery dertil havde bidraget, var at tilstede Bruget af den ham ved Patent forsikkrede Methode at frembringe et lufttomt Rum ved Dampens Fortætning.

Indretningen af Newcomen's Maskine, saaledes som den nu fremkom, er angiven i Fig. 120; *t* er Kjedlen med sit Fyrsted, *c* er den nøiagtigen borede Støvle, der er aaben foroven, men forneden har en aldeles tætsluttende Bund, hvorfra udgaaer det korte Rør *g*, der gaaer op fra Kjedlen, og hvori Damphanen er anbragt. Stæmplet ved *c* drives op eller ned i Støvlen aldeles lufttæt og med saa liden Rivning, som muligt. Stæmpelstangen *a* er ved en Kjæde forbunden med den cirkelrunde Deel af Indretningen *l u l*, som kaldes **Maskinbommen**, og som nu først anvendtes. Maskinbommen var dannet af stærkt sammenføiet Tømmer, der endnu ydermere sammenholdtes ved Jernbolte og Jernbaand og var indrettet saaledes, at den vuggede paa en Jernaxel *u*, der understøttedes af Muren *kk*, som i Almindelighed var een af Sidemurene af Huset, hvori Maskinen fandtes, saa at den Ende af Bommen, hvortil Stæmpelstangen var hæftet, laae inden i Huset, den anden Ende udenfor i den frie Luft; fra denne Endes cirkelrunde Deel gik en Kjæde og en Stæmpelstang *mm* ned i Brønden eller Minen, der skulde udpumpes. Denne sidste Stæmpelstang er hæftet til een af de Pumper, der ere afbildede Fig. 99, 100 eller 104, hvor Vandet hæves ved at Stæmplet drages i Veiret, efterdi denne Maskines Kraft bestaaer i, at Dampstøvlens Stæmpel drives ned, og altsaa Pum-

pens, formedelst Bommen, op. Naar Brøndens Dybde er stor nok, vil Stæmpelstangen *mm*'s Vægt være tilstrækkelig Modvægt mod *a*; hvis ikke, skaffes den fornødne Vægt tilveie, ved at paahænge Modvægte, som *oo*, saaledes at den samlede Vægt af disse og af Pumpestangen opveier Dampstæmplet *c*, dets Stang *a* og dets Rivningsmodstand i Støvlen; naar Hanen *q* da aabnes og Luft lades ind under Stæmplet, hæves dette uden al Voldsomhed af Modvægten; men, skulde Pumpestæmplet være saa tungt, at det med Voldsomhed drog Dampstæmplet i Veiret, endog trods Atmosphærens Tryk, maatte Modvægten anbringes paa dettes Stæmpelstang. Saaledes maa Maskinen indrettes, at Dampstæmplet gaaer let og jevnt op, naar Luft ledes ind igjennem Hanen *q*; thi under den hele Prøve forudsætte vi, at ingen Damp virker, eller at under Kjedlen ingen Ild er antændt. En Sikkerhedsklap, der gaaer opad, er anbragt i *s*, og den holdes lukket ved Vægtstangen *rs* og Skydevægten *r*, der ved at skydes nærmere hen eller længere fra Klappen trykker denne ned med en mindre eller større Kraft; saaledes vil Dampen kunne undslippe af denne Klap, hvis dens Kraft nogensinde blev for stor. Efterat Maskinen saaledes er beskreven, vil Maaden, hvorpaa den virker, let indsees. I Kjedlen *t* gydes den tilstrækkelige Mængde Vand, Hanen *q* aabnes, og Stæmplet *c* drages ned, hvorved Luften, som findes under dette, jages igjennem Kjedlen udaf Sikkerhedsklappen *s*. Dernæst lukkes Hanen *q*, og Stæmplet hindres nu fra at stige ved det udvendige Lufttryk. Bringes nu, ved at Ilden antændes, Damp til at udvikle sig, vil, naar Hanen *q* atter aabnes, Dampen jages ind i Støvlen og drive Stæmplet *c*, deels ved den Overvægt, Dampen ved sin Spændkraft kan have over Atmosphærens Tryk, men især ved Modvægten *oo*, op til det Øverste af Støvlen; nu lukkes Hanen *q*, og Stæmplet forbliver da øverst i Støvlen, som nu aldeles er fyldt med Damp, indtil denne fortættes ved Afkjølen. For at bevirke denne Fortætning er en liden Kiste med Vand stillet høit oppe, den forsynes med Vand af et Rør *pp*, der gaaer fra Pumpen ned i Brønden *x*, og har et andet Rør *dd*, der gaaer fra Bunden af denne

Vandkiste *i*, til Bunden af Støvlen *c*, saa at, naar Hanen ved *e* aabnes, og en liden Deel koldt Vand lades ind i Støv-Dampen derved fortættes, og saaledes et lufttomt Rum frembringes; nu vil Atmosphæren kunne yttre sit Tryk paa Stæmplet *c*, og drive dette ned med en Kraft, der staaer i Forhold til dets Overflade, næsten af 14 ℔ paa hver Qvadrattomme; da den ene Ende saaledes jages ned, vil den anden Ende, hvorpaa Pumpestangen *mm* er anbragt, drages i Veiret, og altsaa virke til at oppumpe Vandet. Kraften ved en saadan Maskine er ikke ringe; thi, antage vi at Stæmplet eller Støvlen blot har en Tværlinie af 2 Fod (hvilken ingenlunde er stor for en Maskine af denne Indretning), saa er Stæmplets Fladeindhold 452$\frac{1}{8}$ Qvadrattomme, hvilket multipliceret med 14 ℔ giver 6333 ℔, og, fraregne vi nu $\frac{1}{4}$ for Rivningsmodstand, bliver 4749 ℔ den Kraft, hvormed Stæmplet drives ned, og altsaa Pumpestangen drives op.

Denne Maskine var i Begyndelsen langt mindre fuldkommen, end den her er beskreven, og havde mange Mangler og Ubeqvemmeligheder, som først Tid efter anden bleve afhjulpne, thi i Begyndelsen bragtes Fortætningen tilveie ved at Støvlen udenfra afkjøledes, istedetfor at Vand indlodes i den; endvidere krævedes den største Nøiagtighed hos Arbeideren, saa at han just i rette Tid dreiede begge Haner; thi, hvis Dampen i altfor lang Tid tillodes at slippe ind i Støvlen under Stæmplet, da kunde dette endog aldeles kastes udaf Støvlen; og, aabnedes Hanen ikke hurtigt nok, idet Stæmplet gik ned, vilde det let slaae mod Bunden af Støvlen og hugge den i Stykker. Dampen, der satte Maskinen i Gang, blev ogsaa bestandigen blandet med en vis Deel Luft, som udviklede sig af Vandet, medens det kogte, og denne tillige med det kolde Vand, som indsprøitedes for at frembringe Fortætningen, opdyngede sig saaledes, at et Rør *ff* blev nødvendigt for at afføre begge i en Kiste *h*, som fandtes forneden. For at vedligeholde det lufttomme Rum havde dette Rør i Enden en Klap, som formedelst den egne Lyd, den gav, idet Luften pustede ud og Klappen atter faldt til, kaldes Snøfte-klappen (Sniffing-Clack). Vandet og hvad Luft, der maatte indeholdes i Støv-

len, udjoges af dette Rør og Klappen, ved at blot Stæmplet sank nok saa lidet ned, og saaledes blev Støvlen aldeles fri for Luft og Vand imellem hver Gang, frist Damp indlodes. Naar vi betragte de Vanskeligheder, der følge med at bringe en saa sammensat Maskine, som Dampmaskinen, til større Fuldkommenhed, maae vi undre os over, hvorledes den skreed frem i de første 7 Aar efter 1705, da den først blev indført. Nogle af disse Forbedringer vare aldeles tilfældige; saasom at lede koldt Vand ind i Støvlen, istedetfor at anbringe det nødvendigen, opstod fra nogle Huller, der vare i Stæmplet af Maskinen, og som tillode det Vand, der stod ovenpaa Stæmplet for at holde det lufttæt, at løbe ned og fortætte Dampen; og den store Vanskelighed til rette Tid at aabne og lukke Hanerne overvandtes ved et Indfald, en Dreng, ved Navn Humphrey Potter, fik; han bandt nemlig nogle Snore og Stropper til Hanerne af en Maskine i Wolverhampton, hvorved han var ansat, for at befrie sig fra den Ulejlighed at passe Hanerne, og, skjøndt denne Ting først paa en klodset Maade bragtes i Stand, udførte den dog sin Gjerning ret godt, og gav den første Anledning til det Maskinerie, der kaldes Styrehaanden (Hand-Geer), hvorved Klapperne og Hanerne af alle Dampmaskiner nu drives ved selve Dampens Virksomhed.

Dampmaskinen kunde dog ikke siges at være i nogen fuldkommen Tilstand før 1718, da Henry Beighton i Newcastle oprettede en mægtig Dampmaskine af samme Natur som Newcomen's, men med mange vigtige Forbedringer, især med Hensyn til de Dele, der vare i Bevægelse, og den Maade, hvorpaa Dampen lukkedes ind eller lukkedes ud, ved Hjælp af Tapbommen (Plug-Tree), der virkede paa visse Vægtstænger og Hager, hvorved Hanerne sættes i Bevægelse; ligeledes forbedrede han betydeligen Støvlens Befæstigelse, ihvorvel han dog ogsaa satte den lige over Kjedlen, saaledes som det er afbildet Fig. 120; fremdeles anbragte først han en liden Trykpumpe, der sprøitede Vand i Kjedlen for at erstatte det, der gik bort ved Uddunstningen. Maskinen blev med alle disse Tillæg anseet saa fuldkommen, at videre Forbedringer ikke vare at vente og man vedligeholdt den uforandret, hvor hyppigt

man end brugte den, i et halvt Aarhundrede under Navn af Beighton's Ildmaskine.

Gjøre vi blot en Regning paa den umaadelige Kraft, som yttrer sig i Stovlen af een af disse Maskiner, naar den er i Arbeide, ville vi strax indsee det upassende i at stille Stovlen ovenpaa Kjedlen, der atter staaer over en svær Ild; thi, hvor stærkt Ildstedet end er, vil det dog stedse ved den stærke Ild være noget Forfald underkastet, og, naar nu Reparationer skulde foretages, maa hele Maskinen bringes i Ulave. Uagtet Beighton gjorde den Forbedring at stille Stovlen imellem stærkt Tømmer, saa at den ikke aldeles hvilede paa Dampkjedlens Murværk, var der stedse saa megen Nysten og Støden, at Ovnen snart aldeles forstyrredes, og Stæmplet, idet det gik op, drog hele Stovlen og Kjedlen saameget op, som Tømmerets Spændighed vilde tillade det; denne Virkning, som yttrer sig ved hvert Slag, fandtes selv hos de fuldkomneste Maskiner. Stundom fjernede man den ved at bruge Savery's Bygningsmaade og anbringe Stovlen ved Siden af Dampkjedlen, naar Stovlen da fastgjordes i en fast Mur, der ingen Forbindelse havde med Ilden, opnaaedes et høiere Grad af Fasthed, og tillige var Maskinen, som Følge heraf, ikke saa høi, altsaa behøvede Maskinhuset ikke at være saa høit, ei heller behøvede det, da nu Vægten fordeeltes over en større Grundflade, at være saa fast bygget.

Da Dampmaskinen til den Tid betragtedes som saare fuldkommen, saa var Videnskabsmænds og Kunstneres Opmærksomhed ikke saameget henvendt paa dens mechaniske Forbedring, som paa Midlerne at bespare Brændsel; thi denne Maskine var til den Tid aldrig brugt uden efter en stor Maalestok, og, hvor man anvendte den, befandtes den at være en stor Brændselsfluger. Imidlertid forstod man dengang ikke tilfulde Naturen af Hede og Damp, og istedetfor at søge Hovedfeilen hos Maskinen selv, hvilket først senere opdagedes, søgte man den hos Kjedlen, desaarsag gjorde man mange Forsøg, idet Kjedlen gaves forskjellige Skikkelser, saa at den med den mindste Brændsel frembragte den største Mængde Damp. Imellem disse bør vi lægge Mærke til Payne's Methode, som bestaaer i igjennem en Række af smaae Rør, der dreie sig om, at gyde Vand

i fine Straaler ned i et glodrødt Jernkar, der havde en kegledannet Skikkelse; men her blev Vandet snarere chemiskt opløst end forvandlet til Damp, og derfor ophørte man snart med at bruge denne Indretning. Man fandt imidlertid, at den Kjedel, som stillede den største Overflade mod Ilden og ikke tillod Heden at stige op i Skorstenen, førend den havde udtømt al sin Kraft, var den fortrinligste; og derfor maatte i nogle af de Kjedler, der bleve forfærdigede under Smeaton's Anviisning, Ilden og Røgen gaae igjennem en heel Labyrinth af Canaler. Men den Mængde skarpe Hjørner og Bugter, der saaledes udsattes for Ildens Paavirkning, vare ikke blot meget udsatte for at forbrændes og saaledes ødelægges, men gjorde ogsaa Forfærdigelsen af Kjedlen saare kostbar, uden at give et forholdsmæssigen fordeelagtigt Resultat; paa Grund heraf indrettes nu Maskinkjedlerne langt simplere, og, endog i de største Maskiner, anvendte Watt og Boulton kun een Flamme og eet Skorsteensrør midt i Kjedlen, der almindeligen har den Skikkelse, Figur 121 udviser, og som paa Grund af dens Lighed med en Vogn med Ruf over almindeligen kaldes Vognkjedlen (waggon-boiler). Den er af en langagtig Skikkelse, dækket med et halvrundt Laag, som *bbbb*. Laaget stikker blot ud af Muren, der omgiver Kjedlen, men som i Tegningen for meer Tydeligheds Skyld fortil er tænkt borte. Størrelsen af disse Kjedler er forskjellig efter Maskinens forskjellige Størrelse. Saaledes har en saakaldet 20 Heste-Maskine, eller en Dampmaskine, hvis Kraft kan sættes lig 20 Hestes Kraft, en Kjedel der er 15 Fod lang og 6 Fod bred, saa at Vandet, den indeholder, har en Overflade af 90 Qvadratfod, medens Kjedlen indvendigen fra Bunden til Laaget er 7 Fod; paa lignende Maade vilde en Kjedel, der var saaledes, at Vandets Overflade var 60 Qvadratfod, altsaa f. Ex. Kjedlen 12 Fod lang og 5 Fod bred, svare til en Maskine med $\frac{2}{3}$ af den forriges Kraft, altsaa imellem 13 og 14 Hestes Kraft. En Maskine til 80 Heste maatte have en Kjedel, hvis Vandflade var 360 Qvadratfod o. s. v. Ilden lægges paa Risten *g*, der naaer halvt eller ikke tilfulde halvt ind under Kjedlen; *m* er Askehullet, hvori Asken falder ned fra Ilden. Muren

og Ildstedet hæve sig over de to runde Hjørner *n*, *n*, saa at den danner den saakaldte Broe, for at hindre, at Luen ikke trænger op i Røgcanalen, men ledes mere umiddelbart hen under Bunden af Kjedlen, hvorfra Røgen og Heden atter gaae op bag om Kjedlen og ind igjennem Canalen *tt*, der gaaer heelt igjennem Kjedlen under Vandets Overflade; derfra gaae indad to murede Gange, som løbe udvendigen langs Kjedlen, og af hvilke den ene er afbildet i *h*, og herfra stiger Røgen op i Skorstenene *oo*. En oval støbt Jernplade *c* er almindeligen skruet over et Hul, som findes i Laaget af enhver Kjedel og som er stort nok for at en Mand kan gaae ned og rense Kjedlen, og indvendigen undersøge og istandsætte den, paa Grund deraf kaldes dette Hul **Mandhullet** (man-hole). Den forhen beskrevne Dampprøver med Qvikſølv (S. 207), eller Damp-Spændkraftmaaleren er anbragt i *q*; *f* og *f* ere Prøvehanerne (S. 221), *v* er en Hane for at aftappe det overflødige Vand, eller ogsaa for aldeles at tømme Kjedlen.

Alle de Maskiner, vi hidtil have beskrevet, ene med Undtagelse af Amontons Ildhjul, have enten blot havt den Hensigt at oppumpe Vand, eller kunde dog kun frembringe en Bevægelse op og ned ved at Stæmplet hævedes op og dreves ned enten umiddelbart eller middelbart ved Bommen, som det er Tilfældet ved Newcomen's i Fig. 120 afbildede Maskine; i dette Tilfælde vilde Kjæderne, der begge strammedes, den ene af Lufttrykket paa Dampstæmplet, den anden af Vandsøilen, som skulde hæves i Veiret, hænge ligelobende fra Enderne *l* og *l*, som formedelst deres Bevægelse og Skikkelse kaldes Hestehovederne. Dog, da man nærmere lærte at kjende Dampmaskinens Kraft, og ønskede at bruge den ei blot til at oppumpe Vand, men til overhovedet at være den bevægende Kraft i forskjellige Maskiner, blev det som oftest nødvendigt at forandre Maskinbommens Bevægelse op og ned til en stadig omdreiende Bevægelse, og dette var umuligt ved de allerede beskrevne Kjæder og Cirkelbuer paa Enderne af Bommen. **Keane Fitzgerald** synes at være den første, der stræbte at bringe den omdreiende Bevægelse tilveie, idet han nemlig indsatte i Bommens Cirkelbuer Tænder, som atter grebe ind i Hjul. Ihvor-

vel den hele Indretning var meget simpel, da det ene Hjul, der ved Bevægelsen opad var gaaet i een Retning, ved et Spærhjul hindredes ved Bevægelsen nedad at gaae tilbage, saa var det Hele dog to Gange uden al Bevægelse, nemlig naar Maskinbommen gik over fra Bevægelsen opad til Bevægelsen nedad, og omvendt, og, skjøndt Fitzgerald havde anbragt et Svinghjul for selv da at vedligeholde Bevægelse, synes dog hans Maskine ikke at være kommen i Brug eller videre forbedret, ei heller Dampmaskinen i det Virkelige at være anvendt for at frembringe omdreiende Bevægelse, førend den nu almindeligen brugte Krumtap og Svinghjulet bleve anbragte paa Maskinen. Denne Indretning, saaledes som den anbringes paa Dampmaskinen, er fremstillet Fig. 122; *v* er den Ende af Maskinbommen der er modsat den, der er forbunden med Dampstæmplet, *uu* er et tungt Svinghjul af støbt Jern 10 til 20 Fod i Tværlinie, ofte flere Tusinde Pund svært. Det dreier sig omkring en Axel *x*, der er trygt understøttet ved et passende Lager af Jernbjælker. Krumtappen *t* er anbragt paa samme Axel *x*, fra dens anden Ende *z* gaaer Forbindelses-Stangen *y* op til Bommen *v*. Krumtappen maa saaledes være forbunden med Svinghjulets Axel, at, naar Bommen er vandret eller i Midten af Stillingerne, øverst og nederst, maa Krumtappen ogsaa være vandret, og følgeligen, naar Stæmplet er aldeles nede, vil Krumtappen være aldeles oppe eller i *a*; naar Stæmplet er aldeles oppe, altsaa Enden *v* af Maskinbommen saa dybt nede som muligt, saa vil ligeledes Krumtappen være aldeles nede i Stillingen *b*. I disse to Stillinger har Stæmplet ingen Kraft til at drive Krumtappen og Svinghjulet rundt, hvilket det har i enhver anden Stilling; men her viser Svinghjulet just sin forhen omtalte Virkning (S. 81); thi ved Bevægelsen har det erholdt et Moment, og dette vedligeholder Bevægelsen af Krumtappen ogsaa i Puncterne *a* og *b*, indtil atter Stæmplet kan komme til at virke. Paa denne Maade forandres Maskinbommens afvexlende Bevægelse til en omdreiende, der vil være aldeles regelmæssig og sig selv lige, forudsat at Svinghjulet er tungt nok og tillige har en hurtig Bevægelse, eftersom baade Massen og Hurtig-

heden bidrage til at frembringe Momentet, hvorved Bevægelsen vedligeholdes. Dog det er ikke den eneste Nytte, Svinghjulet og Krumtappen forskaffe, ogsaa virke de omvendt paa Stæmplet, saa at dette ikke i sin Stovle kan bevæge sig mere op og ned, end det Stykke, som svarer til Forskjellen imellem *a* og *b*; saaledes forhindres Stæmplet fra enten at slaae mod Bunden af Stovlen eller ogsaa at drages ud ovenaf i samme. Denne Indretning anbragtes først paa Maskinerie af **Matthias Washbrough** i Bristol, som erholdt 1778 Patent paa sin Opfindelse.

Af alle de Forbedringer, som ere gjorte ved Dampmaskinen, ere de mærkeligste og fuldkomneste af **James Watt** fra **Soho** nær **Birmingham**. Det maa ansees som en Lykke for Verden at dette omfattende og uddannede Genie just henvendte sig paa denne Maskine. Anledningen dertil var at han reparerede en liden Model, som tilhørte Universitetet i Glasgov, i Aaret 1763. Dr. **Black** havde til samme Tid med Iver forfulgt sine Undersøgelser over Varmen, og Watt, som var noie bekjendt med ham og Gjenstanden for hans Undersøgelse, foranledigedes til selv at anstille nogle Undersøgelser over Maaden at frembringe og fortætte Damp, dog maaskee meest til Moerskab. I Løbet af disse Forsøg, viiste sig mange særegne Ting, og imellem disse den mærkelige Omstændighed, at, naar Vand ophedes i et tæt Kar nogle Grader over Kogepunctet, og dernæst en Hane eller en Klap aabnes, styrter Dampen ud med Heftighed, og Heden bringes i to til tre Secunder ned til det sædvanlige Kogepunct; ihvorvel Vandets Masse kan være saare stor. Denne pludselige Afkjøling tilskrev han, at Dampen ved at undvige bortførte al den overflødige Hede, hvilket man ogsaa siden har fundet at være Tilfældet. Han sluttede derfor, at, efterdi Damp indeholder og er istand til at bortføre saa stor en Mængde Hede, maa den ogsaa kræve en stor Deel Brændsel for at frembringes i Mængde, og dette kan ingen Indretning af Kjedel eller Ovn afværge. Tilforn vidste man, at Vand i et aabent Kar ikke kunde hedes, hvor stærk end Ilden var, til mere end 80 Graders Varme; og Dr. Black opdagede, at al den overflødige Hede, efterat Vandet havde op-

naaet 80 Graders Varme, sløi bort med Dampen, naar den kunde undslippe; men at, naar den var indesluttet, var Følgen deraf den høiere Grad af Varmen, som Papin opdagede. Istedetfor altsaa at betragte Maskinen som fuldkommen, og blot bestræbe sig for at forbedre Kjedlen, som førend Watt's Tid var skeet, henvendte han sin Opmærksomhed ene paa at spare den Hede, som var frembragt, og udbringe den til den største Fordeel.

Han fandt, at Støvlen paa hans lille Maskine blev saa heed, det Øieblik, at Dampen lodes ind, at man ikke udvendigen kunde holde Haanden paa den; thi i Begyndelsen afkjølede Støvlen Dampen, som derved tabte sin Spændighed, indtil baade Dampen og Støvlen havde opnaaet samme Varmegrad. Ligeledes indsaae han, at al denne Hede, som saaledes var bragt tilveie, atter gik tilspilde, eftersom Støvlen maatte tilstrækkeligen afkjøles ved Indsprøiten af koldt Vand for atter at fortætte Dampen og føre den tilbage til den draabeflydende Tilstand eller til Vand, inden Stæmplet vilde gaae ned med betydelig Kraft; hvorefter den, inden det næste Slag kunde gjøres, atter maatte ophedes. Saaledes var altsaa al den Varme, som anvendtes for imellem hvert Slag at ophede Støvlen ei blot spildt, hvor megen Brændsel den end kostede at frembringe, men skadede endog Maskinens Virksomhed, eftersom det var vanskeligere pludseligen at afkjøle, end ophede Støvlen. Watt anstillede derfor nogle Forsøg for at angive den Mængde af Damp, der saaledes forødes ved hvert Slag for at varme Støvlen, og fandt at denne ikke var mindre end tre Gange Støvlens Indhold, saa at ethvert Slag af Maskinen, istedetfor at borttage saa megen Damp, som Støvlen indeholdt een Gang, i det Virkelige borttog fire Gange saamegen; og de tre første Maal Damp forødtes aldeles uden anden Virkning, end den, at ophede Støvlen saaledes, at det fjerde Maal kunde virke og sætte overensstemmende med sin Spændighed Stæmplet i Bevægelse. Denne nødvendige Ophedning og Afkjøling af Støvlen var han overbeviist om at være den væsentligste Ufuldkommenhed ved Maskinen, men Vanskeligheden bestod i at raade Bod derpaa; thi hans Forsøg viste, at, for at bruge

Dampen med største Fordeel, burde Støvlen stedse holdes muligst varm, og, var dette Tilfældet, saa var al Fortætning umulig. Hans første Forsøg til Forbedring bestode i at sætte en Træstøvle, i Stedet for den forhen anvendte Metalstøvle, paa Grund af, at Træet var en slettere Varmeleder, eller langsommere afgav sin Varme, end Metal. Træstøvlen svarede vel i een Henseende til sin Hensigt; men, da den qvællede ud, og indvendigen blev ujevn, naar den fyldtes med Vand, tiltog Rivningsmodstanden saaledes, at han nødtes til at opgive Bruget af denne Materie, og atter tage sin forrige Messingstøvle, som han nu dog omgav med Træ og fyldte alle Mellemrummene med finstødt Trækul, saaledes forekom han saavidt muligt Afkjøling af den ydre Luft. Ved dette Middel og ved ikke at indsprøite mere Vand i Støvlen, end just var fornødent, bragte han Spildet til det Halve. Dog, ved at bruge saa liden Deel Vand til Fortætningen, skjønt man derved sparede Damp, blev Maskinens Kraft væsentligen formindsket, thi, da Støvlen afkjøledes betydeligen under Vandets Kogepunct, blev Fortætningen indvendigen saare ufuldkommen, og en Deel, der endnu besad betydelig Spændkraft blev tilbage og modarbeidede i høi Grad Atmosphærens Tryk ovenfra. Men Watt var overbeviist om, at, naar Fortætningen skeete inde i Støvlen, maatte den stedse enten være ufuldkommen, eller ogsaa maatte, hvis Afkjølingen skulde være tilstrækkelig, Damp gaae tilspilde; og han var nær ved at uddrage den Slutning, at Dampmaskinen ikke var istand til en større Forbedring, men var i den muligst fuldkomne Tilstand, da han fik den lykkelige Tanke at fortætte Dampen i et særskilt Kar, istedetfor indvendigen i Støvlen. Dette forsøgte han først paa følgende simple Maade: et kegledannet Kobberkar sattes i Forbindelse med et Tinrør af 30 Tommers Længde og 4 Tommers Vide, og en Hane anbragtes som kunde aflukke Røret; Karret fyldtes med Damp fra en liden Kjedel, medens Tinrøret nedsænkedes i koldt Vand; aabnedes da Forbindelses-Hanen imellem Røret og Karret, saa at Dampen kunde trænge ind, trykkedes strax Rørets Sider sammen, hvilket var Beviis, at disse ikke vare stærke nok, naar ved Dampens Afkjøling et lufttomt Rum dannedes indvendigen

i Røret. Forsøget godtgjorde altsaa tilstrækkeligen, at det lufttomme Rum var saare fuldstændigt, og det overgik Watt's meest levende Forhaabninger; paa dette støttede han alle de senere Forbedringer, som han anbragte ved denne vigtige Maskine. En ny Model forfærdigedes strax, i hvilken Delene vare stillede saaledes som det er afbildet i Fig. 123, hvor *cc* er Gjennemsnittet af Støvlen af en Dampmaskine, som da var i Brug, *d* er Stæmplet, *e* en Deel af Stæmpelstangen, *f* en Deel af Damprøret, der gaaer ud fra Dampkjedlen, *g* er et Rør, der gaaer fra Bunden af Støvlen og ender sig forneden i en huul Kobberkugle, som tillige med en Deel af Røret *g* er nedsænket i en Kasse med koldt Vand *kk*, *i* er en Hane, der afslutter Forbindelsen imellem Støvlen *cc* og Kuglen *h*. Medens Støvlen modtog sin Damp, var Hanen *i* lukket, og, saasnart som Stæmplet *d* var hævet op, og Dampen indesluttet ved at lukke Røret *f*, blev Hanen *i* aabnet, og en Deel af Dampen, som gik ind i Kuglen fortættedes, saa at der frembragtes et lufttomt Rum, hvorved nu den tilbageblivende Damp trængte ind i Kuglen, og det Hele saaledes fortættedes, at det fuldkomneste lufttomme Rum frembragtes, uden at formindske i mindste Maade Støvlens Varmegrad; og dette var alt det, man kunde ønske; thi nu dreves Stæmplet aldeles ned til Bunden af Støvlen, istedetfor det tilforn endnu var bleven $\frac{1}{4}$ over samme, og det uden at nogen Varme gik tilspilde. Hvor antagelig end denne Indretning syntes at være, var den dog i Udførelsen forbunden med Vanskeligheder; thi al den Damp, som var fortættet i Kuglen *h*, der fik Navn af **Fortætteren** eller Condensatoren (condenser), blev inden i den forvandlet til Vand og vilde altsaa inden føie Tid fylde den, saa at den ikke længere kunde opfylde sit Formaal, tillige vilde Vandet i Kassen, hvori Fortætteren var nedsænket, snart blive varmt og altsaa ikke længere være skikket til at bevirke Fortætningen. Watt fandt det derfor snart nødvendigt, ikke blot at udpumpe den Overflødighed af Vand, som havde samlet sig i Fortætteren, men tillige at fornye Vandet i Kassen, hvori Fortætteren fandtes, for at holde det saa koldt som muligt. Han indsaae tillige, at, hvis Vandet, der indeholdtes i Fortætteren Tid efter

anden udpumpedes, burde til samme Tid Luften ogsaa fortyndes, eftersom Dampen saa hurtigere vilde trænge ind. Paa Grund heraf udtænkte han flere Midler til at tomme Fortætteren, iblandt hvilke det var, at føre et aabent Rør fra Bunden af Fortætteren over 32 Fod ned til en Brønd eller Vandbeholdning, og saaledes forandre Fortætteren til et Vandbarometer, hvorved den altsaa udtommedes, efterdi vi have seet, at Atmosphærens Tryk aldrig kan bære en Vandsøile af over 32 Fod. Men, formedelst den Ubegvemmelighed at regjere et saa høit Rør, foretrak Watt Brugen af en **Luft- eller Udtømnings-Pumpe**, som han anbragte ved den nederste Deel af Fortætteren, og, da denne Pumpe kunde drives ved Maskinbommen selv, saa indeholdt Maskinen af sig selv Kraft til at udpumpe af dens Fortætter alt det Vand, Luft eller Damp, som den indeholdt, og som havde samlet sig i den.

Watt's eneste Bekymring var, at Bruget af denne Pumpe vilde belæsse Maskinen formeget og forøge Rivningsmodstanden, men snart blev han overbeviist om det Ugrundede ved denne Mening; thi han fandt, at Dampens Fortætnings-Evne, naar den passende blev behandlet, var langt større end han havde ventet, og at, istedetfor som han først troede nødvendigt, at gjøre Fortætteren af samme Størrelse som Dampstøvlen, behøvede den blot at være et lidet Kar eller endog et Rør, og som Følge heraf kunde Fortætningspumpen, eller som den nu almindeligen kaldes Dampmaskinens Luftpumpe, ikke kræve stor Kraft eller væsentligen besvære Maskinbommen.

Den Dampmaskine, som Watt først foreslog bestod derfor af en Kjedel og en Dampstøvle næsten af samme Skikkelse, som Newcomen's og Beighton's, som vi tilforn have beskrevet, undtagen at Støvlen udvendigen var beklædt med Træe for at holde den i en jævn Varme, og at, istedetfor Snofteklappen og Udsugningsrøret for at uddrage Luften og den til Vand fortættede Damp, og Indsprøitnings-Hanen for at sprøite koldt Vand i Støvlen, brugte han Fortætteren, som med et Rør stod i Forbindelse med den nederste Deel af Støvlen og var stillet i en Kasse med koldt Vand, som stedse fyldtes med en Pumpe fra den nærmeste Brønd eller Kilde. Medens Vandet saaledes

oppumpedes i Kassen, gaves det overflødige Vand Afløb forover, hvorved det ophedede Vand, som ikke var skikket til at frembringe Fortætning, og som befandt sig øverst, bortlededes. Vandet, der udpumpedes af Fortætteren, bortlededes ligeledes ved en Rende, eftersom, da det var varmt, det ikke duede til Fortætning, dog efterat først noget deraf var ved en liden Trykpumpe drevet ind i Kjedlen for at erstatte det Vand, som gik bort som Damp. Alle disse forskjellige Pumper bleve drevne ved Maskinbommen, og, istedetfor Hanerne, som tilforn havde været brugte, anvendtes nye og fuldkomne Propper eller Klapper, der ledede Damp ind og lukkede for Fortætteren i rigtig Tid; alle disse bleve aabnede og lukkede paa Beighton's Maade ved Tapbommen og Haandgrebet.

Hovedindretningen af Watt's Maskine, saaledes som den var paa den Tid, er fremstillet Fig. 124 Tavle XII. Kun ere Delene i det Virkelige stillede noget anderledes, den ene bag den anden, hvilket her er forandret, for at i Tegningen ikke den ene Deel skulde bedække den anden; desuden forandredes Indretningen og Stillingen af Maskinens Dele efterhaanden, som Maskinen forbedredes; men alle de enkelte Dele, som ere fremstillede i denne Figur, beholdtes, og dens Hensigt er derfor, at gjøre Læserne bekjendt ei blot med disse Deles Navne, men ogsaa med hvad hver især udretter, saa at, naar siden den virkelige og nuværende Skikkelse af Maskinen beskrives, det blot vil blive fornødent uden videre Beskrivelse at nævne Delene. I denne Figur er endvidere for mere Simpelheds Skyld Hanerne beholdte istedetfor Propperne, som nu i det Virkelige anvendes. *A* er **Damprøret**, som gaaer fra Kjedlen, hvori Dampen dannes, til det Nederste af **Dampstøvlen** *B*; *a* er Hanen, hvorved Dampen indlades eller aflukkes, og som derfor kaldes **Damphanen**, ligesom den Prop, der træder istedetfor samme, **Dampproppen**; *C* er **Dampstæmplet**, der bevæger sig luft- og vandtæt i Støvlen; *D* er **Stæmpelstangen**, hvis øverste Ende er forbunden med Maskinbommen (som det er fremstillet i Fig. 120). *E* er en Hane og et Rør, der gaaer fra en høitliggende Vandbeholder, hvoraf lidet Vand kan hældes ovenpaa Dampstæmplet, og saaledes holde det vandtæt;

FF viser i Gjennemsnit Træet, hvormed Dampstøvlen er omgiven, og som i Kunstsproget kaldes **Trøien** (the jacket); den bestaaer af forskjellige Staver, der ere forenede med Baand, som en Tønde. *G* er **Udsugnings-Røret**, der gaaer fra Bunden af Dampstøvlen til det Øverste af **Fortætteren** *H*, som er et huult Metalkar af passende Størrelse, stillet lavere end Dampstøvlen i en stor Vandkasse *II*, der kaldes **det kolde Vands Kasse**; *b* er en Hane eller Prop, kaldet **Udsugnings-Proppen**, efterdi den aabner og lukker Forbindelsen imellem Dampstøvlen og Fortætteren; *K* er **Luftpumpen**, der ogsaa er stillet i det kolde Vands Kasse, men dog uden at staae i Forbindelse med Vandet, hvoraf den aldeles er omgiven; denne Pumpe er af Indretning, som den sædvanlige Huuspumpe, undtagen at den, eftersom den gaaer i hedt Vand, har Klapper af Metal; dens nederste Klap *c* kaldes **Sodklappen**; *L* er dens Stæmpelstang, hvis øverste Ende staaer i Forbindelse med og drives af Maskinbommen; *M* er Sugerøret, som gaaer fra Bunden af Fortætteren *H* og saaledes uddrager alt det Vand og al den Luft, som denne indeholder; og, da dette Vand er varmt, udgydes det i en liden Kasse *N* foroven, som kaldes desaarsag **det varme Vands Kasse**. *O* er en almindelig Pumpe, kaldet **det kolde Vands Pumpe**, fordi den øyder koldt Vand i Kassen *II*; den drives ved Bommen paa samme Maade, som Luftpumpen. Det overflødige kolde Vand løber ud af Tuden *P*, og det varme Vand fra det varme Vands Kasse ligeledes af Tuden *Q*. De andre Dele af Figuren ere nyere Forbedringer ved Maskinen, hvilke siden ville blive beskrevne.

Efter hvad, der allerede er sagt om Dampmaskinen, behøve vi kun med faa Ord at forklare denne Maskines Virksomhed; thi, befinder Stæmplet *C* sig ved Bunden af Støvlen, og Damphanen *a* aabnes, vil Damp styrte ind i *B*, og nøde Stæmplet til at hæve sig formedelst den Modvægt, der befinder sig paa den modsatte Ende af Maskinbommen, op til det Øverste af Dampstøvlen; til samme Tid har Stæmplet i Luftpumpen hævet sig op, ved at det er forbundet med Maskinbommen, og saaledes frembragt en Tomhed inden i Fortætteren. Saa-

snart Dampstæmplet er kommet til sit høieste Punct, maa Hanen *a* lukkes og *b* aabnes, Dampen vil da fra Støvlen jages ind i Fortætteren og der fortættes; saaledes frembringes et lufttomt Rum, som vil bringe Dampstæmplet til at gaae ned; derpaa maa *b* lukkes og *a* atter aabnes, hvorpaa Stæmplet *C* vil stige paany, i hvilken Tid Luftpumpen *K* vil udpumpe det Vand, der ved Fortætningen har samlet sig i *H*, og udgyde det i *N*, og saaledes forberede Fortætteren til anden Gang at frembringe et lufttomt Rum, hvilket den er istand til at gjøre ved det kolde Vands Pumpe *O*, der holder Kåssen *H* bestandigen fyldt med koldt Vand. For at forøge Fortætningskraften fandt Watt det fornødent, at stille en Hane, som i *g*, for at lade en liden Vandstraale løbe fra det kolde Vands Kasse ind i Fortætteren i en saadan Retning, at den just træffer Dampen; hvorved Fortætningen ei blot skeer hurtigere, men tillige langt fuldkommere; denne Hane kaldes **Indsprøitningshanen.**

Watt fandt, at Maskinen i denne Tilstand kun fortærede omtrent den halve Brændsel, imod hvad en Maskine af hvilkensomhelst af de ældre Indretninger havde brugt. Dog endnu var han ikke tilfreds med denne Maskines Fuldkommenhed; thi Dampstøvlen var oventil aaben og krævede Vand, som laa ovenpaa Stæmplet for at holde det lufttæt, følgeligen, naar Stæmplet gik ned, udsattes ei blot den hele indvendige Overflade af Støvlen for Luftens Paavirkning, men bedækkedes tillige med et Lag koldt Vand, som ved Støvlens Hede forvandlede sig til Damp, og denne Damp frembragte en Afkjøling, saa at der dog stedse endnu var et væsentligt Tab af Varme, som ingen af de allerede anbragte Forbedringer kunde afhjælpe. Watt besluttede derfor at prøve Virkningen af en foroven lukket Støvle, ind i hvilken Luften ikke kunde trænge, da Stæmpelstangen gik igjennem en aldeles tætsluttende Bøsning; og nu, istedetfor at lade Luften ifølge Atmosphærens Tryk virke, brugte han Dampen ligesaavel hertil, som til at frembringe et lufttomt Rum. Dette Middel troede han, at han kunde anvende, da Lufttrykket ingensinde var betydeligen over 14 ℔ paa Qvadrattommen, og han vidste, at Savery havde brugt i sin

Maskine Damp af en langt større Spændkraft, og at denne ikke kunde afstedkomme nogen Fare, naar den holdtes indenfor de lave Grændser, som han kunde sætte for Heden af den Damp, han behøvede; thi, da Dampen ved hans Maskine skulde arbeide mod et lufttomt Rum under Stæmplet, istedetfor mod den frie Lufts Modstand, saa vilde allerede en Varme af 80 Grader aldeles svare til en Kraft, lig Atmosphærens Tryk, og en blot noget høiere Varme vilde give en langt større Kraft. Den eneste Betænkelighed, han endnu nærede, var, om ikke det forøgede Forbrug af Damp vilde foranledige en dertil svarende Forøgelse af Brændsel, og at hvad, der saaledes vandtes paa den ene Side, ved at Støvlen ikke afkjøledes, tabtes paa den anden Side. Men enhver Tvivl hævedes ved at gjøre Prøven, der klarligen beviste, hvor heldig hans Idee var, og, idet han uddannede den stedse mere og mere, og saaledes forbedrede de af ham senere forfærdigede Maskiner, bragte han det dertil baade ved de enkelt- og dobbeltvirkende Maskiner, som man siden kaldte dem, og som ogsaa siden i Bogen beskrives, at de ikke med denne nye Maade at virke krævede mere Damp end forhen, for blot at frembringe det lufttomme Rum. Denne Maskine fortjente nu først Navn af Dampmaskine, da ved den, vi forhen have beskrevet, og som fører Navnet den atmosphæriske Maskine, Lufttrykket tillige virker; men ved denne derimod ene Dampens Kraft. Som Følge heraf kan Støvlen stedse holdes ligesaa varm, som Dampen, der træder ind i den, og alt det store Tab af Brændsel, der hidindtil stedse havde været forbundet med Bruget af denne herlige Maskine, undgaaes, og dens Arbeide bliver mere regelret og vedholdende.

Den enkeltvirkende Maskine skal først blive beskreven, eftersom den meest nærmer sig den sidst beskrevne atmosphæriske Dampmaskine. Vi behøve blot at indskrænke os til at beskrive Indretningen og Skikkelsen af Dampstøvlen, efterdi Kjedlen, Fortætteren, Luftpumpen, Bommen og Modvægten ere de samme, som forhen ere angivne, og det Særegne ved Propperne og den Maade, hvorpaa de sættes i Gang, siden skal beskrives. En saadan Støvle er fremstillet Fig. 125: *CC* er Støvlens Laag, der har en tætsluttende Bøsning *M*, igjennem hvilken

Stæmpelstangen *N*, der driver Stæmplet *B* gaaer aldeles lufttæt; paa Grund heraf maa Bøsningen være aldeles vel uddreiet, og ligeledes Stangen dreiet rund og sleben. Den øverste Ende af Stæmpelstangen *N* er forbunden med Maskinbommen saaledes, som det forhen er beskrevet, og ved Modvægten paa den anden Ende vil Stæmplet drages i Veiret, naar alle Rørene, der gaae ind i Støvlen, ere aabne. *D* er Røret, der leder Dampen fra Kjedlen og afgiver den igjennem Røret *P* til den øverste Deel af Støvlen *A*; men fra Røret *D* gaaer ogsaa et andet Rør *E*, som leder Dampen ind i den nederste Deel af Støvlen; *K* er Udsugnings-Røret, igjennem hvilket Dampen gaaer ind i Fortætteren; *I*, *G*, *H* ere Propper, der kunne udenfra drives op, og ved hvis Hjælp visse Dele af Damprøret *DE*, eller Udsugnings-Røret *K* efter Behag kunne aabnes eller lukkes; *I* og *H* ere saaledes udenfra forbundne, at begge drives til samme Tid enten op eller ned, derimod bevæger *G* sig uafhængigt af de to andre. Antage vi nu, at Stæmplet *B* er foroven i Støvlen, og at *H* er aaben, men *G* lukket, saa vil Damp træde ind, fylde hele Røret *E* og tillige gaae igjennem *P* ind foroven i Støvlen, den vil altsaa begynde at nedtrykke Stæmplet *B* og jage al Luften, der befinder sig under samme, igjennem ved den aabne Prop *I* ned i Røret *K* og derfra i Fortætteren, hvorfra Luftpumpen atter udpumper den. Naar Stæmplet er kommet saa langt, det kan, ned i Støvlen, maa Proppen *H*, og tillige med samme *I* lukkes; saaledes hindres Dampen fra at træde fremdeles ind i Støvlen ovenfor Stæmplet; men *G* aabnes strax derpaa, og saaledes vil Dampen have derigjennem en fri Adgang til det Nederste af Dampstøvlen, trænge ind under Stæmplet, og derved bringe en Ligevægt tilveie med Dampen, som allerede er ovenfor Stæmplet. Modvægten, som findes paa den anden Ende af Maskinbommen, drager nu Stæmplet, der kan ansees at være aldeles frit, da der findes Damp baade foroven og forneden, i Veiret, og Dampen kan da undslippe foroven udaf *P* og gaae igjennem Røret *E* ind igjennem *O* under Stæmplet. Naar Stæmplet *B* nu er kommet øverst op i Støvlen, lukkes *G*, og *H* og *I* aabnes; da *I* er aaben, træder Dampen

igjennem Røret *K* ned i Fortætteren, hvorved et lufttomt Rum frembringes, og omvendt træder Damp indad *P* ovenfor Stæmplet; dette drives altsaa ned og lettere end forhen, eftersom Fortætteren allerede har frembragt et lufttomt Rum forneden i Støvlen *A*; staaer Dampprøveren (Fig. 115 S. 207) blot 4 Tommer høit, som er en meget sædvanlig Høide for at arbeide med denne Maskine, saa vil Dampen virke paa Stæmplet med 4 ℔ paa hver Qvadrattomme meer, end hvad Dampen kunde udrette i den aabne Støvle, og vil som Følge heraf frembringe en større Mængde Arbeide. Stæmplet drives atter op ved Modvægten, saasnart *H* og *I* lukkes og *G* aabnes, og, naar saaledes Propperne afverlende lukkes i og op, vedligeholdes bestandigen Maskinens Bevægelse.

Ihvorvel Dampen i saadanne Maskiner har en dobbelt Gjerning; nemlig baade at frembringe et lufttomt Rum og tillige trykke Stæmplet ned, saa behøver man dog ikke at indlade mere Damp fra Kjedlen, end ved den gamle atmosphæriske Dampmaskine. Thi i al den Tid, at Stæmplet bevæger sig opad, er Kjedlen lukket, og ingen Damp undviger fra samme, og den Mængde Damp, som kræves for at bevirke Stæmplets Nedriven, er ikke større end hvad, der tilforn anvendtes for at frembringe et lufttomt Rum og tillade Stæmplet at stige opad; Besparelsen derimod, der foranlediges ved at Støvlen holdes i en lige Varme og derved, at det Spild, som tilforn fandt Sted, saaledes forebygges, giver den et afgjort Fortrin. De store Maskiner, der i de sidste Aar ere oprettede i Omegnen af London, ved Vandværkerne New-River, Chelsea, York-Buildings, West-Middelsex og Grand-Junction, ere alle af dette Slags eller enkeltvirkende; paa de fleste Steder ere to Maskiner anbragte, hvis Støvler have en Vide indvendigen af 54 Tommer, og hvis Stæmpler bevæge sig ved hvert Slag 8 Fod.

Alle de Dampmaskiner, som vi hidtil have beskrevet, udøve Kraft blot i een Retning, enten nemlig ene, idet Stæmplet gaaer op, eller ene, idet det gaaer ned, disse kaldes derfor ogsaa **enkeltvirkende** Maskiner; de ere meget hensigtsmæssige for at drive Pumper eller hæve Vand, men ere uskikkede til at sætte Møller eller andet Maskinerie i Bevægelse, især hvis

Bevægelsen skal være aldeles jævn og regelret. Den dobbeltvirkende Maskine afhjælper imidlertid denne Mangel; thi ved denne virker Dampen afvexlende ovenfor og under Stæmplet og gjør saaledes baade Stæmplets Opgaaen og Nedgaaen lige virksom. I denne Maskine ophører aldrig Dampens Kraft at virke, uden just i det Øieblik, Stæmplet er allerøverst eller allernederst i Støvlen, eller i det Øieblik, det gaaer over fra den ene Bevægelse til den anden; men for at erstatte denne øieblikkelige Mangel af Kraft og vedligeholde Bevægelsen anvendes et Svinghjul, der anbringes paa Maskinen, saaledes som vi forhen have viist det Fig. 122 og S. 235.

Den dobbeltvirkende Maskine bruger dobbelt saa megen Damp, som en enkeltvirkende af samme Størrelse vilde behøve; men dette erstattes igjen, ved at den udfører dobbelt saa meget Arbeide. Efter hvad, der er bleven sagt om den enkeltvirkende Maskine, behøve vi kun at tilføie lidet om den dobbeltvirkende; thi den virker overeensstemmende med samme Grundsætninger, saa at blot Maskinen kræver en anden Indretning; her er ingen Modvægt fornøden for at hæve Stæmplet; endvidere maa en saadan Forandring gjøres med Damprørene og Propperne, at et lufttomt Rum kan frembringes af Fortætteren baade over og under Stæmplet, istedetfor tilforn ene under samme; ligeledes maa Dampen afvexlende kunne indlades over eller under Stæmplet, men stedse paa den Side, der er modsat den, hvor det lufttomme Rum befinder sig.

For at vi kunne indsee Virkningen af den dobbeltvirkende Maskine, maae vi anføre nogle af de Indretninger, som ere anvendte for at frembringe en passende Fordeling af Damp og det afvexlende lufttomme Rum, og, ihvorvel **Fire-Gangs-Hanen** (four-way-cock) og den **glidende Styrer** (sliding regulator) ikke kunne ansees som de fortrinligste, ere de dog meget simple og anvendes hyppigt til samme Maskine. Lad *A*, Fig. 126, forestille, ligesom forhen, Dampstøvlen i Gjennemsnit; Stæmpelstangen bevæge sig aldeles lufttæt igjennem Bøsningen, der er anbragt i Laaget af Dampstøvlen; *C* er Røret, igjennem hvilket Dampen ledes fra Kjedlen ind i Ma-

stinen, og dette ender sig ved Firegangs-Hanen *ED*, der ligesom Rørene *G*, *H*, *K*, ere tegnede for Tydeligheds Skyld større, end de i Forhold til Dampstøvlen skulde være, *L* er Haandgrebet, bestemt til, naar forlanges, at dreie Hanen. Denne Hane er indrettet just som en sædvanlig Hane, der bruges til at aftappe Vædsker, idet den har en kegledannet Tap, der gaaer ind i Hulningen af Hanen; men Forskjellen bestaaer i, at, istedetfor ved en sædvanlig Hane, Tappen, som for mere Tydeligheds Skyld her er skygget, har blot en lige gjennemboret Gang, har denne Hane de to halvrunde Gange *E* og *D*, der ligge i samme Flade, saa at udenpaa Overfladen af Tappen 4 Huller vise sig, som ere en Fjerdedeels-Cirkel fra hinanden og ere Enderne af disse to Gange. Saaledes som Hanen nu staaer i Figuren, vil Dampen gaae fra Røret *C*, igjennem Gangen *D* og Røret *G*, ind under Stæmplet *B* og altsaa drive dette i Veiret. Vi ville indsee, at til samme Tid er der en ligefrem Forbindelse fra det Øverste af Støvlen formedelst Røret *KI*, igjennem Gangen *E*, ad Røret *F*, som fortsættes bag Røret *G*, til *M*, som gaaer ned i Fortætteren; altsaa, saalænge Dampen virker paa Undersiden af Stæmplet, vil forøven være et lufttomt Rum, som tillader det at hæve sig. Saasnart Stæmplet er kommet nær det Øverste af Støvlen, maa Hanen dreies en Fjerdedeels-Cirkel rundt ved at dens Haandgreb *E* nedtrykkes, saa at den faaer Stillingen *L*, som er afbildet Fig. 127; i denne Figur have alle Bogstaverne samme Betydning, som i den forrige; men Delenes Stilling er saaledes, som den følger af Hanens Omdreining, Dampen, som nu træder indad *C*, gaaer opad gjennem Gangen *E* og ledes ad Røret *I* ind ovenfor Stæmplet. Dampen derimod, som befinder sig under Stæmplet, vil gaae igjennem *G* op i Røret *H*, og nu, formedelst Gangen *D* igjennem Røret *F* ned i Fortætteren; ved dennes Hjælp vil altsaa nu dannes under Stæmplet et lufttomt Rum, medens Dampen stedse driver paa Stæmplet ovenfra; Stæmplet føres saaledes ned, og, naar det er kommet nederst, dreies Hanen atter om til sin første Stilling, hvorved Stæmplet vil stige; og saaledes vil Stæmplet fremdeles gaae jævnt op og ned, blot

ved at Hanen dreies, hvilket skeer ved at sætte dens Haandgreb i Forbindelse med Maskinbommen, altsaa uden nogen særegen Hjælp.

En betydelig Indvending mod den nys beskrevne Hane, som først brugtes og maaskee er opfunden af Dr. Papin, er, at den bliver ved store Maskiner selv stor, og foranlediger saaledes betydelig Rivningsmodstand, og for at overvinde denne kræves en større Kraft, end man vel kan undvære. Erfaring har godtgjort, at de Maskiner, hvor Dampen saaledes fortættes, behøve for hver Hests Kraft, til hvilken de ere ansatte, en Aabning i Gangen i Hanen af een Qvadrattomme, altsaa i en 16 Hestes Maskine maae Aabningerne være 16 Qvadrattommer, altsaa f. Ex. 2 Tommer i Gjennemsnit eller i Brede og 8 Tommer lange; men da maa Tappen i det Mindste have en Tværlinie af 6 Tommer, og, skal Hanen være aldeles damptæt, maa Kraften paa Haandgrebet *L* være saare stor, især naar Maskinen begynder sin Bevægelse. **Murray** i Leeds opfandt derfor den **glidende Styrer**, hvis Hensigt var den samme, som Firegangs-Hanen, og som endnu meget almindeligen bruges ved smaae Maskiner; ved større derimod er ingen Indretning saa hensigtsmæssig, som de kegledannede Propper, der forhen ere omtalte og afbildede ved *H*, *I* og *G* i Fig. 125. Disse Propper kunne nemlig gjøres af hvilkensomhelst Størrelse, og da de blot skulle trækkes lige op, kunne de være meget simple og lette at styre; og det er aldeles ikke usædvanligt, at den ene gaaer lige igjennem den anden, saa at den ene er nede, medens den anden er oppe, saaledes som det er afbildet ved Propperne *G* og *I*, Fig. 125, ved hvilke den nederste Deel af Stangen, der forener den øverste Prop *H* med den nederste *I*, er omhyggeligen dreiet og passer nøie ind i det Hul, der er boret i Proppen *G*, som er i Grunden ikke andet end en tætsluttende Bøsning, hvis Yderdeel danner Proppen *G*, der ligeledes nøiagtigen er afdreiet og passer i sin Bøsning. Den **glidende Styrer** er fremstillet i to Stillinger, Fig. 128 og 129; i den første vises den perspectiviskt, blot er den forreste Plade borttagen, for at den indvendige Indretning desto tydeligere kan sees, den anden Figur viser

den i lodret Gjennemsnit; den er paa samme Maade anbragt ved Dampstøvlen, som Firegangs-Hanen, Fig. 126, og har de samme Forbindelses-Rør med den øverste og nederste Deel og med Fortætteren. I Fig. 128 og 129 er *r* Enden af Røret, som leder Dampen fra Kjedlen ind i Rummet eller Kassen *ss*, saa at denne stedse holdes fyldt; een Side *tt* af denne Kasse danner en Deel af Forbindelsesrørene med Støvlen, der ere langagtige, og gaae alle paa denne Side ind i Kassen saaledes, som det er forestillet ved *v*, Fig. 128, og ved *v*, *u*, *w*, Fig. 129. Røret *v* gaaer ind i den nederste Deel af Dampstøvlen, *w* i den øverste Deel, *u* ned til Fortætteren; Siden af Kassen, i hvilken disse Rørs Aabninger ere anbragte, er fleben meget nøiagtigen flad. Glideren (the slider), der styrer Indladelsen af Damp i Støvlen, er fremstillet ved Bogstaverne *xx*, og er dannet som en Kasse uden Laag, saa dyb, at den omtrent halvt fylder den store Kasse *ss*, medens dens Længde just er tilstrækkelig til at dække de to Rør *v* og *u*, Fig. 129. Kanterne, der ere nærmest den aabne Deel af Glideren, ere ligeledes flade og saa nøiagtigen udarbeidede, at de glide imod Fladen *tt* aldeles luft- og damptæt; for at frembringe den glidende Bevægelse gaaer en Stang *yy* fra Glideren igjennem en Bøsning oven i Kassen *ss*. Da nu Glideren blot strækker sig saa vidt, at den kan dække to af Hullerne, og Hullet *u* er i Midten, saa kan dette Hul ikke være frit, uden at een eller anden af Damp-Gangene *v* og *w* ligeledes maa være fri, hvad enten Glideren er øverst eller nederst i Kassen, men begge kunne ikke paa eengang være aabne, fordi, naar den øverste Deel af Glideren er høit nok oppe for at det nederste Hul *v* kan være frit, saaledes som det er fremstillet Fig. 128, vil det øverste Hul *w* være lukket og dets Rør aabne sig ind i Glideren, og altsaa kan Dampen, der bestandigen gaaer fra Dampkjedlen indad *r*, strømme igjennem Aabningen ind forneden i Støvlen; derimod finder igjennem *xx* en Forbindelse Sted imellem det øverste Rør *w* og Røret *u*, som leder til Fortætteren. I Fig. 129 finder det Modsatte Sted, her er Glideren fremstillet i sin laveste Stilling, og Damp gaaer fra *r* gjennem *ss* og *w*, og derfra til den øverste Deel

af Dampstøvlen, medens den nederste Aabning *v* staaer formedelst Glideren i Forbindelse med Røret *u*, der gaaer til Fortætteren, ved hvilken saaledes afvexlende foroven og forneden dannes et lufttomt Rum. Paa denne Maade er Stangen *y*, ved en liden op- og nedgaaende Bevægelse, som den faaer ved at staae i Forbindelse med Maskinbommen, istand til at foraarsage den nødvendige Forandring i Dampens Ledning, hvorved Maskinens Bevægelse vedligeholdes.

Af den dobbelte Maskines Natur, og deraf, at dens Kraft fortsat vedbliver baade, naar Stæmplet gaaer op, og naar det gaaer ned, følger, at Forbindelsen med Kjæden, som tilforn er beskreven (S. 228), her ikke længere kan anvendes, thi Kjæden er ene brugelig, naar Maskinen trækker det med den i Forbindelse staaende Stæmpel, i Veiret. Derfor forandrede man Stæmpelstangen til en lige Kam med Tænder, der greb ind i ligedannede Tænder i den efter en Cirkelbue dannede Ende af Maskinbommen eller i Hestehovedet. Dog blev denne Indretning formedelst den betydelige Støien og Nivningsmodstanden, som den foraarsagede, snart afskaffet, og i dens Sted anbragtes en langt ziirligere, der nu almindeligen anvendes under Navn af den **ligelybende Bevægelses Indretning** (parallel-motion apparatus), og ved denne fjernedes alle Manglerne, som tilforn fandtes. Allerforst anbragtes den i Aaret 1784 i de Maskiner, der byggedes for de forhenværende **Albion's Kornmøller**, som laae ved Blackfriars Broen i London.

Den Vanskelighed, der opstaaer, naar Stæmpelstangen umiddelbart forbindes med Maskinbommen, hidrører fra at Stangen nødes til at gaae lige op og ned i Bøsningen, medens Enden af Bommen beskriver en Cirkelbue, og derfor ikke stemmer overeens med Bevægelsen af Stæmpelstangen. Hvis saaledes i Fig. 130 *a* er det Midtpunct, om hvilket Maskinbommen dreier sig, og *ab* og *ac* antyde de to forskjellige Stillinger af Maskinbommen, naar den er høiest og lavest, saa vil dens Ende beskrive Buen *cdb*, men *efgh* fremstille den rette Linie, som Stæmpelstangen beskriver. Nu er det indlysende, at Bommens og Stæmplets Bevægelse blot træffe sammen i Punctерne *f* og *g*; thi, naar Enden er i *c* eller *b*, da er

Maskinbommen indenfor Stæmpelstangen, i *d* derimod udenfor samme; og saaledes kan ingen Maskinbom følge Bevægelsen af Stæmpelstangen op og ned, med mindre den er forsynet med Tænder eller har en anden Indretning, som kan forandre Cirkelbevægelsen til en retlinet. En saadan, saaledes som den nu almindeligen anvendes ved Dampmaskinerne, er afbildet Fig. 131. Lad *pq* være det Halve af Maskinbommen, *p* Midtpunctet, hvorom den dreier sig, medens Stæmpelstangen *r* er forbunden med Enden *q* ved Mellemstykket *qr*; i *q* og *r* ere Navler eller Axler, der gaae igjennem Øine i Mellemstykket og Huller i Maskinbommen og Stæmpelstangen; et andet aldeles lignende og ligesaa stort Mellemstykke *s* gaaer fra *t*, hvor ligeledes en Axel er anbragt i Maskinbommen; til den nederste Ende af dette Stykke er Stangen *uv* heftet, saaledes at Enden *u* gaaer om et fast Punct, f. Ex.: paa Rammen, hvoraf hele Maskinen indesluttes, eller et andet Sted. Stangen *uv* er just saa lang som det Stykke af Maskinbommen fra *p* til *t*, ved denne Indretning følger nu Stæmpelstangen *rn*, der gaaer lige op og ned i Dampstovlen *m*, Maskinbommens Cirkelbevægelse; thi, da Puncterne *u* og *p* ere faste og *pt* ligestor med *uv*, begge endvidere, idet de ere forbundne med Mellemstykket *s*, erholde ved Bevægelsen en afvexlende skraa Retning, vil Stangen *uv*, saaledes som den er afbildet i Figuren med Enden *v* nedad, formedelst *rv* stræbe at drive Punctet *r* til Høire, men, da Maskinbommen vender Enden *q* nedad, vil denne trække *r* til Venstre, og, da *pt* er lig *uv*, og endvidere *tqrv* et Parallelogram, ɔ: en firsidet Figur, i hvilken de modstaaende Sider ere ligeløbende, og som Følge heraf ogsaa ligestore, ville disse to Bevægelser til Høire og Venstre hæve hinanden, eller Stæmpelstangen gaae lige op og ned, medens Maskinbommen dreier sig om sit Midtpunct *p*. Endvidere gaaer Midten af Mellemstykket *tv* eller Punctet *s* ogsaa lige op og ned; thi, *t* vil ved Maskinbommen drages ligesaa meget mod *p*, som *v* til samme Tid drages mod *u*; Midten af *tv* drages altsaa hverken til Høire eller Venstre, men gaaer lige op og ned. Derfor lade vi ogsaa fra Punctet *s* udgaae Stangen *x*, der driver Dampmaskinens Luftpumpe, som vi

nærmere ville beskrive. Vi maae endnu lægge Mærke til, at ogsaa paa den anden Side af Bommen er en lignende Indretning anbragt, men som ikke er afbildet i Tegningen. Stundom, naar den dobbeltvirkende Dampmaskine skal drive Pumper, eller op- og nedgaaende Sauge, har Maskinbommen ogsaa paa den anden Ende en lignende Indretning. Hvorledes den anden Ende af Maskinbommen er ved en Krumtap forbunden med et Svinghjul, der vedligeholder Bevægelse, selv naar Stæmplet skifter fra at være øverst og nederst, have vi seet (Fig. 122 og S. 235), kun maae vi bemærke, at, hvis det er fornødent, at Svinghjulet gaaer mere end een Gang rundt, medens Stæmplet gaaer for oven ned og atter op, da maa den hurtigere Bevægelse skaffes tilveie ved at Krumtappen driver et Tandhjul, som atter griber ind i et andet med færre Tænder, hvilket altsaa gaaer hurtigere, og som er fæstet paa Svinghjulets Axel, saa at dette følger hiints hurtigere Bevægelse.

Dette er vel en ikke aldeles fuldstændig, men dog en Hoved-Oversigt over de vigtigste Forbedringer, som Dampmaskinen modtog under Watt's Hænder — Forbedringer, som udtale deres Opfinders dybtgranskende og utrættelige Aand; thi, uagtet hans mange andre Beskjæftigelser, der bortkaldte hans Sind fra denne ene Gjenstand, var han istand til at tilendebringe dem imellem Aaret 1763, da han først begyndte at tænke over denne Gjenstand, og Aaret 1769, da han erholdt sit første Patent. Dog er det sandsynligt, ifølge den ubestemte Maade, paa hvilken Patentet er stilet, at Watt vel havde anstillet en Række af Forsøg, der havde overbeviist ham om Værdien af hans Opfindelse og Rigtigheden af de Slutninger, han uddrog af samme, men at han ikke var aldeles Herre over, hvorledes han skulde udføre sin Plan, ja vidste maaskee ikke engang ret, hvorledes han paa bedste Maade skulde indrette en Maskine efter disse Grundsætninger; hans Patent omtaler ene Formindskelsen af Dampforbruget, men han beskriver ikke noget Redskab eller nogen Form af Maskinen, hvorved dette kunde skee; han siger blot overhovedet, at Støvlen eller Dampkarret maatte holdes al den Tid, Maskinen var i Virksomhed, lige saa hedt, som den Damp, der indtraad, enten ved at give det

en Klædning af Træe, eller omgive det med Damp, som er det, der nu almindeligen skeer, idet Stovlen sættes i en større, der ligesom Træklædningen kaldes Troien, og imellem begge indlades Damp, eller og ved Hede, og saaledes, at hverken Vand eller noget andet Legeme, koldere end den selv, kommer i Berørelse med den; endvidere, at Dampens Fortætning maatte udføres i et særskilt Kar, der stod i Forbindelse med Dampstovlen, og at Fortætteren endeligen maatte holdes saa kold som muligt; fremdeles at en Pumpe maatte anbringes ved Fortætteren for at borttage hvad Luft eller Materie, som maatte findes i dem. Jovrigt omtaler han, at i nogle Tilfælde agtede han at anvende Dampens Spændighed til at virke paa Stæmplet, istedetfor Atmosphærens Tryk, og at Dampen efter dette Brug enten kunde gaae ud i den frie Luft, eller føres tilbage til Fortætteren, for der at fortættes; i andre Tilfælde agtede han at lade Damp virke paa Skovler af Vandhjul, saa at den frembragte Bevægelse, ligesom ellers Vandet, undtagen at disse Skovler skulde være bevægelige ligesom Klapper, saa at Dampen kun kunde gaae frem i een Retning; atter i andre Tilfælde vilde han aldeles ikke fortætte Dampen, men blot forandre dens Temperatur, og frembringe Bevægelse ved dens afvexlende Udviden og Sammentrækning; og omsider, at istedetfor at bruge Vand for at gjøre Stæmplet og de øvrige bevægelige Dele af hans Maskine damptætte, anvendte han Olie, Vox, harpixede Legemer, Fedt, Qvikselv eller andre Metaller i flydende Tilstand.

Aldrig saasnart havde Watt udviklet Dampens sande Væsen og Maaden, hvorpaa den behandledes med største Fordeel, førend man kom frem med mange Forbedringer, eller foregivne Forbedringer. Men de saare almindelige Udtryk af hans Angivelse satte ham istand til at afvise enhver Paastand om Opfindelser, som kunne skade de ham ved Patent forsikkrede Rettigheder. Ogsaa angreb man ham, fordi hans Forklaring ikke indeholdt saa ligefremme Angivelser, at Arbeidere derefter kunde rette sig, naar hans Patents Tid var udløben; maaskee har overhovedet intet Patent været udsat for saa mange strænge Retsundersøgelser, som hans; men til hans Lykke udholdt det

dem alle. Idet Watt skulde gjøre den udførlige Forklaring af sin Maskine, havde han forskjellige Vanskeligheder at bekjæmpe; thi han skulde beskrive en Maskine, med hvilken han aldrig havde gjort Forsøg efter en stor Maalestok, og med hvis Udførelses-Maade i det Store han maaskee endnu selv var ubekjendt; han havde nemlig erholdt sit Patent, inden han forenede sig med Dr. Roebuck, som har anlagt de store Jernværker ved Carron i Skotland, og inden han byggede sin første Dampmaskine med en Stavle af 18 Tommers Tværlinie; alle hans forrige Forsøg havde indskrænket sig til Modeller. Denne Maskine bragtes omsider efter gjentagne Forandringer til stor Fuldkommenhed. Omtrent til samme Tid opfandt John Wilkinson en ny og nøiagtig Maskine for at bore store Rør og Stavler til en Fuldkommenhed, man hidtil ikke havde kjendt, og heraf betjente Watt sig. Omfanget af Roebuck's Foretagender bragte ham imidlertid i Forlegenhed, og, da han ikke længere saae sig istand til at virke i Forening med Watt til Forfærdigelsen af Dampmaskiner, solgte han sin Andeel af Patentet til Matthias Boulton i Soho nær Birmingham, som just da besad betydelige Fabrik-Anlæg, hvilke han ledede med stor Driftighed. Did flyttede Watt og begyndte sine Foretagender i det Store, og her var det, han endte sine Dage, efterat have seet et Værksted, han havde dannet, hæve sig og vinde Anseelse i enhver Deel af den dannede Verden, for den Kundskab, hvormed det styredes, og for den Fuldkommenhed, som dets Frembringelser havde. Endnu fortsættes det af hans Søn i Forening med hans ligeledes afdøde Compagnons Søn.

Uagtet de Anstrængelser, som Watt og Boulton gjorde, for at bringe Dampmaskinen til Fuldkommenhed, frembragte de, formedelst Vanskeligheden at samle og forfærdige nye Redskaber og gjøre de fornødne Tilberedelser, ingen betydelig Prøve af den forbedrede Maskine, før 1774, da allerede 5 Aar af de 14, i hvilke der var tilstaaet dem Patent, vare forbi, og de indsaae, ei blot formedelst den Fordom, Publicum i Almindelighed nærer mod nye Opfindelser, men ogsaa formedelst de Vanskeligheder, de i Udførelsen havde at kjæmpe med, at deres

Patent vilde udløbe, inden de sandsynligviis kunde have en Erstatning for deres Tid og store Udgifter. De henvendte sig derfor til det engelske Parlament om en længere Termin, og, da deres Ansøgning var grundet, erholdt de en Forlængelse, eller et Patent paa 25 Aar fra deres Ansøgning eller fra 1774, altsaa til 1799, eller i Alt, fra det første Patent af 1769, i 30 Aar.

Efterat Dampmaskinen saaledes var bleven mere fuldkommen, overbeviste Watt og Boulton sig ved gjentagne Forsøg om, at deres Maskiner vilde udrette det Samme, som de forrige, og det ved $\frac{1}{4}$ af de til disse anvendte Kul. Istedetfor at sætte høie Priser paa deres Maskiner, solgte de dem billigt, og krævede blot $\frac{1}{3}$ af de sparede Kuls Værdie, i den Tid deres Patent varede, en Accord, som, idet den var fordeelagtig for dem, der anvendte deres Maskiner, tillige gav dem en klækkelig Gevinst.

Efter saaledes at have fremsat en almindelig Historie af Dampmaskinen indtil Watt's Tid med Indbegreb af hans Forbedringer, bliver det nødvendigt, at angive nogle mindre Indretninger ved denne mærkelige Maskine, og at fremsætte nogle Særegenheder, som vi for ikke at foraarsage Forvirring have forbigaaet i den almindelige Beskrivelse. Idet vi gjøre dette, synes det at være naturligst at begynde med Kjedlen, hvor Dampen frembringes, og følge med denne igjennem hele Maskinen. Kjedlen selv, forsaavidt Damp udvikles i samme, er allerede ovenfor beskreven (S. 233). Men Kjedlen er saa væsentligt et Stykke af Dampmaskinen, at den har vundet i høi Grad Videnskabsmænds Opmærksomhed og mange af dem ved den anbragte Forbedringer fortjene vel at bemærkes. Ved at betragte Fig. 121, Tavle XI, som fremstiller Kjedlen med alt Tilbehør, ville vi indsee, at adskillige af dens enkelte Dele ikke endnu ere beskrevne. Den første af disse er Sugerøret (the Feed-Pipe), hvis Hensigt er at forsyne Kjedlen med Vand og erstatte det, der koger bort som Damp. Dette er fremstillet i Figuren ved *ii*, der gaaer igjennem et Hul foroven i Kjedlen, ind i hvilken det er sat nøiagtigen damptæt og saaledes, at det staaer aldeles lige op. Dets lavere Ende

rækker, paa een Tomme eller noget mindre nær, til Bunden af Kjedlen, dets øverste Ende, som maa række ud af Kjedlen til en Længde, der staaer i Forhold til Spændkraften af den Damp, hvormed der arbeides, ender sig i en liden Tragt eller en Kasse, hvorfra udgaaer en Tud *d*, der fører til en Afløbs-Canal. Sugerøret er aabent heelt igjennem eller uden Klapper eller Propper; men, efterdi vi have viist (S. 168), at en Qvikfølvsøile, der har en Høide af een Tomme, holder Ligevægt med en Vandsøile af 13½ Tomme, saa, hvis Dampen er istand til at hæve Qvikfølvet i Spændkraftmaaleren til en Høide f. Ex. af 6 Tommer, vil den hæve Vandet i Sugerøret til en Høide af 6 Fod 9 Tommer. Er Sugerøret høiere, f. Ex. 9 Fod, vil altsaa intet Vand formedelst Trykket af saadan Damp gaae ud af det, eller af den foroven anbragte Tud *d*, men tvertimod vil alt Vand, der gydes foroven i Sugerøret, gjennem dette løbe ned i Kjedlen og bidrage til at forsyne den med Vand. Desaarsag er ogsaa stedse anbragt en liden Trykpumpe, som den, der er afbildet ved *h*, Fig. 124, Tavle XII., der gaaer i det hede Vands Kasse *N*, og drives ved en Stempelstang, der gaaer ned fra Maskinbommen; ved denne Pumpe forsynes altsaa Kjedlen stedse med varmt Vand. Sugerøret er tillige eet af de vigtigste Forsikkringsmidler, at Kjedlen ikke sprænges; thi, skulde Dampen nogensinde ved Uagtsomhed af Fyrpasseren blive for stærk, vil den for det Første kaste al Qvikfølvet udaf Spændkraftmaaleren *q*, og det med en tilstrækkeligen varslende Støi; men, lader man Dampens Spændkraft stige end høiere, vil den trykke paa Vandet i Kjedlen og jage det op igjennem Sugerøret udaf Tuden *d* i Afløbscanalen, hvorved altsaa Dampen vil forhindres fra at opdynge sig. Dog vil Sugerøret blot med den beskrevne Indretning ikke endnu holde den rette Vandmængde i Kjedlen, hvorfor og de forhen omtalte og her i *f* og *f* anbragte Prøvehaner findes oven i Kjedlen for at angive Vandets Høide. Men med et lidet Tillæg kan Sugerøret regjere sig selv eller stedse afgive den passende Vandmængde; den øverste Ende af Sugerøret lukkes af en kegledannet Prop *e*, der holdes nede ved en derpaa anbragt Vægt. Denne Prop er ved en Stang eller en

Kjæde forbunden med Vægtstangen *a*, fra hvis anden Ende en Traad gaaer ned, igjennem den tætsluttende Bøsning *l*, til Brikken *k*, der svømmer paa Overfladen af Vandet i Kjedlen. Denne Brikke bestaaer i Almindelighed af en flad Steen, og opveies saaledes af den Vægt, der er anbragt paa Proppen *e*; saasnart altsaa Vandet synker i Kjedlen, løftes *e* op, og det Vand, som pumpes ind oven i Sugerøret af det varme Vands Pumpe, kan flyde ned i dette; har Vandet derimod sin rette Høide, saa flyder *k* saa høit, at *e* holdes nede, og altsaa maa det oppumpede Vand atter løbe udaf Tuden *d*. I Figuren slutter *e* ikke Sugerøret selv, men passer i en falsk Bund eller en Mellembund, der er anbragt i Kassen, hvormed Sugerøret endes; derved udrettes det Samme, og ved Sugerøret kan anbringes endnu en Indretning, som er den anden, vi ville beskrive, nemlig **den selvstyrende Dæmper.** En Dæmper eller et Spjeld er en Jernplade, der hyppigen anbringes i Kaminer og i Skorsteensrør for at styre Lufttrækket, hvoraf atter Ildens Magt styres; eftersom Dæmperen mindre eller mere drages for Skorsteensrøret, eller vel endogsaa aldeles lukker det, bliver Luftstrømmen, der gaaer igjennem Ilden, større eller mindre, eller aldeles ingen, hvorved Ilden kommer til at flamme mere eller mindre, eller aldeles udslukkes; saadanne Dæmpere styres i Almindelighed af Fyrpasseren; men den selvstyrende Dæmper maa regjeres af Ilden selv, saa at denne efter Behov kommer til at brænde mere eller mindre. Dette skeer paa følgende Maade: *p* er en Jernplade, eller Dæmper af tilstrækkelig Størrelse for aldeles at slutte Skorstenen eller Roggangen *oo*; den gaaer op og ned i Falser, ligesom et Skod, med muligst liden Rivning; til samme er anbragt foroven en Kjæde, der gaaer over de to Tridser *r* og *r*, gjennem et Rør af Mellembunden af Kassen *HHHH*, ned i Sugerøret *ii*, indtil det ender sig i et af Jern støbt hunlt Lod *s*. Naar den selvstyrende Dæmper anvendes, har Sugerøret endvidere almindeligen et Bryst som ved *u*, saa at Vægten ene kan synke hertil; Loddet *s* har, ved at der i Hunlningen er gydet Blye, en saadan Vægt, at det just opveier Dæmperen *p*, naar Maskinen er i Ro; da Kjæden nu har en pas-

sende Længde, saa er, saaledes som det er afbildet i Figuren, *p* aldeles oppe og Skorsteensrøret frit; men udvikles Damp i Kjedlen, da vil den trykke paa Vandet, og altsaa jage en Deel deraf op i Sugerøret; Vægten *s* vil nu komme til at hænge i Vand og altsaa tabe en Deel af sin Vægt (S. 145); saaledes vil den ikke længere være istand til at opveie Dæmperen *p*, men denne vil glide noget ned og tildeels slutte Skorsteensrøret *oo*, hvorved Ilden, som nu faaer mindre Lufttræk, vil brænde svagere; bliver Lufttrækket for ringe, og Ilden altfor svag, da dannes mindre Damp, mindre Vand trænges op i Sugerøret, og altsaa faaer atter *s* Overvægt, og Lufttrækket bliver atter frit; skulde derimod nogensinde Ilden brænde saa stærkt, at Vandet joges aldeles op i Sugerøret, da vilde *s* tabe i Vandet saa meget af sin Vægt, at Dæmperen aldeles faldt ned, eller Skorsteensrøret aldeles lukkedes. Denne Indretning er saaledes ei blot vigtig for at styre Dampens Kraft, men ogsaa for at spare Brændsel, eftersom Ilden aldrig tillades at brænde med større Heftighed, end just den, som er fornoden for at udvikle den Mængde Damp, som Maskinens Arbeide kræver.

Iblandt de vigtigste Tillæg til Dampkjedlen hører unægteligen Sikkerhedsklappen, som jager Damp ud, naar den erholder en større Kraft end den, Maskinen kræver, og som let kunde udsætte Kjedlen for at sprænges. Vi have allerede omtalt denne Papins vigtige Opfindelse (S. 225 og 229), men saaledes, som den er afbildet Fig. 120 ved Bogstaverne *rs*, kan den ikke anbefales til almindeligt Brug. Den er nemlig der fremstillet som en kegledannet Prop *s*, der holdes nede ved en Skydevægt anbragt paa Vægtstangen *r*, eftersom Vægten skydes mere ud eller rykkes nærmere mod *s*, trykker den mere eller mindre. Hvor tjenlig den end er i denne Skikkelse for dermed at anstille Forsøg, kan den paa ingen Maade betroes i Hænderne paa en ukyndig Arbeider; thi, da den Kraft, der kræves af Dampen, stedse i Forveien kan udregnes med største Nøiagtighed, burde Arbeideren aldrig have Bestyrelsen af Dampens Kraft, uden forsaavidt det kunde tillades ham at formindske den. Istedetfor altsaa at bruge en Sikkerhedsklap

eller en Prop med en Vægtstang, bør en saadan anvendes, som den, der er afbildet ved Q Fig. 121. Den bestaaer ligesom forhen af en kegledannet Prop x, der bør være tilstrækkeligen stor; dens Overflade udregnes nøiagtigen i Qvadrattommer og ligeledes bestemmes den største Kraft, Dampen nogensinde maa have over Atmosphærens Tryk; en Vægt, afpasset efter dette og Proppens Flade, anbringes ovenpaa den, som x i Fig. 121; og det Hele indesluttes nu i en huul Metalkapsel, som har en passende Udgang, som y, enten i Skorsteensrøret eller andetsteds. Dersom f. Ex. Dampens største Kraft kun bør være 6 ℔ paa Qvadrattommen mere end Atmosphærens Tryk, og Sikkerhedsproppen er 6 Qvadrattommer, saa bør Proppen betynges af et Lod, der tilligemed Proppens egen Vægt, udgjør i Alt 36 ℔, og da vil Proppen først aabne sig, naar Dampens Tryk overstiger denne Vægt eller 6 ℔ paa hver Qvadrattomme. Metalkapslen er lukket, saa at blot Mæsteren, der til samme har en Nøgle, kan forandre Vægten x. En anden lignende Sikkerhedsprop bør være anbragt et andet Sted paa Kjedlen, men med en noget mindre Vægt, paa det at den kan varsle Maskinkarlen, naar Dampen bliver for stærk; denne kan forsynes med et Haandgreb, som z, for at han kan aabne den og lade Dampen undslippe, naar det gjøres fornødent; men den indelukkede Prop bør ikke have et saadant Haandgreb. Alle Kjedler bør endvidere være indmurede, da den omgivende Muur saa er en slet Varmeleder og altsaa ikke tillader Dampen at fortætte sig ved den Kulde, som ellers let udvendigen fra kunde komme til at virke paa Kjedlen.

Førend vi forlade Dampkjedlen, vil man maaskee endnu vente nogen Underretning om Ildstedets Natur og især om Midlerne til at forbrænde og fortære Røgen. Dog der ere aa mange og ziirlige Maader, opfundne af forskjellige Mechanikere, saasom **Robertson, Watt** og **Boulton, Parkes, Brunton, Jessop, Arnott** o. fl., at en udførlig Beskrivelse af disse vilde optage et heelt Bind. Det, der ligger til Grund for alle røgfortærende Indretninger, er, at man paa forskjellige Maader stræber at lade en vis Deel atmosphærisk Luft

blande sig med Røgen, og nu leder den hen til et Sted, der er tilstrækkeligen ophedet for at frembringe Forbrænding; Røgen forandrer sig da til Flamme, og saaledes er enhver røgfortærende Indretning tillige en brændselbesparende Indretning, da nu Hede udvikles af de Dele, der ellers som Røg gik bort uden Nytte.*)

Fra Kjedlen gaae vi over til **Damprørene**, som skulle være tilstrækkeligen vide og ikke for lange, paa det at de ikke skulle stille for megen Overflade mod den frie Luft og saaledes afkjøles. Ere de lange, da bør Afkjølingen forekommes ved at omgive dem med en slet Varmeleder, saasom Høbaand, Sagspaaner, grovt Lærred o. desl. De skulle gaae fra den øverste Deel af Kjedlen til Støvlen, og stedse saameget som muligt opad, for at det Vand, som ved en udvendig Afkjøling og deraf følgende Fortætning af Dampe indvendigen maatte danne sig, kan flyde tilbage i Kjedlen og ikke komme ind i Støvlen. *K*, *L* Fig. 121, vise en Deel af Damprørene af en passende Skikkelse, naar der findes to Kjedler, hvilket meget hyppigt er Tilfældet, da Kjedlen er den Deel af Maskinen, der meest kræver Udbedring; og Maskinen altsaa, hvis kun een fandtes, maatte, naar denne istandsættes, staae stille, saafremt ikke da en anden Kjedel anvendtes. Hullet *M* skal vise Forbindelsen af Damprøret fra den anden Kjedel med den første Kjedels Damprør; under *M* er anbragt en kegledannet Prop, der ved Haandgrebet *N* kan stødes ned mod Brystet, der befinder sig indvendigen i Røret *K*; hver Dampkjedel har et saadant Rør og en saadan Prop, saa at hvis Damp f. Ex. kom her fra den anden Kjedel gjennem *M*, og Røret *K* var lukket, vilde ingen Damp kunne træde ned i denne Kjedel, som nu var ude af Brug, men vilde nødes til at gaae ind i Røret *L*, der er fælleds for alle Kjedlerne. Spilden af Damp forekommes endvidere ved **Drøvlen** (the throttle-valve), som er en Klap, der er anbragt ved *O* i en særegen Afdeling af Damprøret *L*; den bestaaer af en tynd Plade, der viser sig i Gjennem-

*) Flere danske Læsere ville kjende fra Handels- og Industrie-Tidenden No. 14, 1826, en Beskrivelse paa røgfortærende Indretninger.

snit og lader sig dreie ved Haandgrebet P, dog saaledes, at den stedse slutter aldeles nøie mod den indvendige kugledannede Bøsning, hvori den gaaer. Staaer Haandgrebet lodret paa Damprørets Retning, d. e. vender enten lige op eller ned, saa vender Drøvlen den skarpe Kant mod Dampen og lader den altsaa frit passere, lægges Haandgrebet derimod henad Damprøret, saa vender Drøvlen hele Fladen mod Dampen og hindrer den altsaa fra at gaae ind i Støvlen; en Omdreining, blot i en Fjerdedeels-Cirkel, aabner eller lukker altsaa aldeles for Dampen, og enhver Mellem-Stilling vil mere eller mindre hindre Dampens Udstrømmen; og saaledes vil altsaa Maskinens Kraft og Bevægelse med største Nøiagtighed kunde lade sig afrette efter det Arbeide, der kræves. Haandgrebet kan bevæges ved Haanden, hvor Arbeidet omtrent stedse er lige; men, skal Maskinen anvendes til meget ulige Arbeide, da vilde dette være upaalideligt, og Drøvlen maa styres i dennes Sted af Maskinen selv. Lad f. Ex. en Maskine anvendes til det haarde Arbeide at valse Blye, hele Dampens Kraft vil da kræves, saa længe Blyet er imellem Valserne; men, saasnart det slipper dem, lettes strax Byrden eller Lasten, der skal overvindes, og, beholdt da Dampen sin fulde Kraft, vilde Maskinen faae en Fart, der vilde være den høist farlig. Men Dampen maa i Øieblikket aflukkes eller formindskes, indtil Blyet atter kommer imellem Valserne, og den fulde Kraft kræves. Dette skeer ved den høist sindrige og ziirlige Opfindelse, **Styreren** (the Governor). Denne er et Pendul, der er i Omdreining, istedetfor i Svingning; den er afbildet Fig. 132, Tavle XIII.; en firkantet Jernstang eller en Spindel, der har runde Tapper i begge Ender, er stillet lodret paa et eller andet passende Sted og indrettet saaledes, at den kan dreie sig rundt paa sine Tapper enten ved Hjulværk eller ved at en Snoer gaaer fra en Tridse, der er fæstet paa Svinghjulets Axel eller paa en anden Deel af Maskinen, der har en omdreiende Bevægelse, til en anden Tridse c, der er fæstet forneden paa Styreren; denne kan ved en hensigtsmæssig Indretning af Hjulværket, eller et passende Forhold af Tridserne gives den fornødne Hurtighed. Foroven paa Stangen ab til

Punctet *e* ere heftede to bøiede Vægtstænger *def* og *geh*, der begge kunne dreie sig om Punctet *e*, forneden har hver Vægtstang en tung Jernkugle *i*, og begges øverste Ender *d* og *g* ere forbundne med Leddene *k k* og Mellemstykket *m*, der kan glide op og ned ad Spindlen. Af denne Indretning følger, at, saalænge *i i* ligge ned imod Stangen *ab*, er *m* saa høit oppe, som muligt; men, naar Kuglerne *i i* fjernes fra hinanden og indtage den ved de prikkede Linier angivne Stilling, saa vil *m* glide ned, som det ligeledes er antydet i Figuren. Saalænge Styreren er i Ro, eller bevæger sig kun langsomt, forblive Kuglerne hængende ind mod Stangen, men kommer den i en noget hurtigere Bevægelse, da vil den midtpunctflyende Kraft jage dem fra Stangen stedse mere og mere, jo hurtigere Bevægelsen bliver, hvorved atter Stykket *m* glider alt mere og mere ned. En Jern-Vægtstang *ln*, der dreier sig om det faste Punct *n* griber med den ene Ende ind i en Fals, der er dreiet i Stykket *m*; denne Vægtstang tjener blot, da Armen *ln* er længere end *nm*, til at forøge Bevægelsen, og vi kunne ved at gjøre Armen *nl* tilstrækkeligen lang, frembringe saa stor Bevægelse, som vi bruge. Enden *l* sættes nu, for at Styreren kan gjøre sin Virkning, ved en stærk Jerntraad i Forbindelse med Haandgrebet *P* af Drøvlen, Fig. 121, saaledes at, naar Kuglerne ligge imod Stangen, dette staaer lodret paa Damprøret *L*, eller holder Dampgangen aaben, altsaa vil Maskinen komme til at gaae med den fulde Fart; men, naar denne bliver betydelig, vil Styreren ogsaa dreie sig hurtigt, Kuglerne herved fjerne sig fra hinanden, Stykket *m* glide ned og derved Enden *l* af Vægtstangen gaae i Veiret, hvorved Drøvlen vil dreies og stedse mere og mere lukke for Damprøret, saa at Maskinens Fart da atter standses. Svært Arbeide vil ligeledes formindske Farten og hindre Kuglerne fra at skilles ad; men saasnart Arbeidet bliver lettere, vil Maskinens tiltagende Fart atter fjerne Kuglerne og altsaa atter frembringe samme Formindskelse i Farten, indtil nyt paalagt Arbeide saaledes formindsker Hurtigheden, at Kuglerne falde ned imod Stangen, og en forøget Mængde Damp da kommer til at virke paany igjennem Drøvlen. Alle disse Forandrin-

ger skee, formedelst Svinghjulet, ikke pludseligen, og saaledes vil Styreren bevirke en næsten aldeles regelmæssig Bevægelse, selv om Byrden eller Arbeidet i høi Grad er ulige.

Damprøret ender sig, idet det forener sig med Støvlen, som vi have omtalt det, enten ved Firegangs-Hanen (S. 247), eller ved den glidende Styrer (S. 249), eller med en Samling af kegledannede Proppe, saaledes som vi have beskrevet dem (S. 245) ved den enkeltvirkende Maskine. Fra disse forskjellige Indretninger fordeles Dampen til Rør, der gaae til det Øverste og Nederste af Støvlen og Fortætteren; disse Rør kaldes **Siderørene**; deres Indretning og Fordeling vil forstaaes af den givne Beskrivelse og ved en Betragtning af Figurerne 125, 126, 129. Siderørene af den dobbeltvirkende Maskine ere imidlertid ikke omtalte, naar man gjør Brug af Propper, og dette er stedse Tilfældet ved de større Maskiner. Følgende Beskrivelse vil vise deres Skikkelse og Brug: *C* Fig. 133 er det Rør, som leder Dampen fra Kjedlen og fører den ind i det nedgaaende Rør *i*, som endes med Proppen *g*, der aabner en Forbindelse med det Nederste af Støvlen igjennem Sideaabningen *b*, der er afbildet som en langagtig Firkant, overlagt med Skygge. Proppen *e* foroven bringer en lignende Forbindelse tilveie med en anden lignende Aabning *a* i den øverste Deel af Støvlen. Ved at disse to Propper *e* og *g* afvexlende aabnes og lukkes, indbringes Damp over og under Stæmplet. *DK* er et Rør, der gaaer ned i Fortætteren *L*, og hvis øverste Ende *D* gaaer ind i *op*, som, naar Proppen *f* er aaben, sætter den øverste Aabning *a* af Støvlen i Forbindelse med dette Rør og altsaa med Fortætteren; ligeledes er forneden en Forbindelse med *mn*, idet Dampen kan gaae udaf den nederste Aabning *b*, igjennem Aabningen *h*, ud i Røret *K* og ned i Fortætteren. De to Aabninger i Støvlen, *a* og *b*, som kaldes **Næseborene** (the nozles), tjene derfor saavel til at indlade Damp, som ogsaa siden at føre den hen til Fortætteren, for at et lufttomt Rum kan dannes afvexlende over og under Stæmplet, og dette skeer blot ved Proppernes Bevægelse; saaledes, som det er fremstillet i Figuren, er Proppen *e* oppe, altsaa vil Damp træde ind øverst i Støvlen og

drive Stæmplet ned; derimod er forneden Proppen *h* aaben, altsaa er der Forbindelse imellem den nederste Deel af Støvlen, ad Aabningen *b*, og Fortætteren, eller under Stæmplet vil et lufttomt Rum dannes. Saasnart Stæmplet er kommet heelt ned, maae *e* og *h* lukkes, derimod *f* og *g* aabnes; da vil Dampen ikke længere foroven kunne gaae indad *e*, men derimod udaf *f* ned i Fortætteren, igjennem Røret *DK*; Dampen vil forneden nu gaae ind ad *g*, og derimod er, da *h* er lukket, Adgangen spærret til Fortætteren; Stæmplet vil saaledes atter drives op; hvorpaa, naar det er kommet til den øverste Deel af Støvlen, Propperne atter bringes i deres første Stilling, saaledes som det er afbildet i Figuren. Paa forskjellige Maader lukkes og aabnes afvexlende efter Fornødenhed Propperne; enten saaledes som det ovenfor er beskrevet ved Fig. 125 (S. 245), idet Stangen, der fører den ene Prop, gaaer luft- og damptæt gjennem den anden, hvor da hyppigen, som det er fremstillet i Figuren, Damp- og Fortætningsproppen ere forbundne med en Stang, for at de paa eengang kunne aabne og lukke sig, eller ogsaa, som det er fremstillet i Fig. 133, ved Vægtstænger, der gaae damptæt igjennem Rørene. Propperne faae deres Bevægelse i saadanne Maskiner, som ere uden Svinghjul, ved en Stang eller en Bom, der gaaer ned fra Maskinbommen, denne Stang kaldes **Tapbommen** (the Plug-tree), den er forsynet med Tapper, som slaae an mod Vægtstængerne. Men i Maskiner med Svinghjul foretrækker man som oftest, at anbringe et excentrisk Stykke eller Hjul paa Svinghjulets Axel *x*, Fig. 122; idet dette dreier sig rundt, støder det fra og trækker til Svinghjulets Midtpunct afvexlende en Stang, der staaer i Forbindelse med det excentriske Hjul, og saaledes er det istand til at give Propperne tilstrækkelig Bevægelse. En saadan Indretning er afbildet Fig. 134: *x* er Axlen af Svinghjulet i Gjennemsnit, *v* det excentriske Hjul, der dreier sig om samme; en cirkelrund Krands *yy* omgiver det excentriske Hjul, dog saaledes at dette kan bevæge sig inden i denne, og fra denne Krands gaae to lange Arme *zz*, der for ydermere Styrkes Skyld ere forenede med Tværstænger og løbe ud i en Stang *a*, til hvilken Tapperne *b* og *c* ere

heftede; da det excentriske Hjul bevæger sig rundt, altsaa erholder stundom den med Prikker antydede Stilling, stundom den modsatte, saa drages Stangen frem og tilbage; Tapperne glide ligeledes frem og tilbage og støde derved afvexlende mod Vægtstænger, f. Ex. mod en saadan, som *h* Fig. 133, hvorved da en Bevægelse af Propperne op og ned skaffes tilveie. Næsten enhver Maskinist har sin egen Maade, for hvilken han har Forkjærlighed, saa at der neppe findes to Maskiner med samme Indretning til at trække Propperne op og ned, hvorfor det ogsaa vil være mindre hensigtsmæssigt at dvæle ved nogen enkelt Indretning.

Fra Siderørene gaae vi over til **Dampstøvlen**, angaaende hvilken det blot vil være fornødent at bemærke, at nu er den bestandigen saare fast heftet ned til en stærk, muret Blok, der kaldes **Støvlemuren** og hvorved den holdes aldeles fast. Støvlen er indvendigen meget nøiagtigen udboret og sleben, og Aabningerne, ad hvilke Dampen gaaer ind, ere anbragte muligst nær det Øverste og Underste af Støvlen, og ere aldrig runde, men aflange eller som langagtige Parallelogrammer, for at give Dampen saa megen Plads, som muligt, uden at borttage noget af Støvlens Længde, thi Stæmplet maa aldrig gaae forbi disse Aabninger, da det saa vilde spærre dem, og disse maae ikke være for høie, da der ellers blev for megen Plads foroven og forneden, som fyldtes med Damp, der ikke kom til at virke. Ofte ere derfor Dampgangene anbragte i en fremragende Deel paa Laaget og Bunden af Støvlen, og derved aldeles udenfor Stæmplets Vei. Ved mindre Maskiner er, som vi have omtalt det, Støvlen omgiven med Træe eller ogsaa Flanel, men ved de større Maskiner omgives hele Støvlen af et Metalrør, der er aldeles lufttæt, og imellem dette og Støvlen indlades ved et lidet Rør Damp fra Kjedlen, hvorved Støvlen stedse holdes ligesaa varm, som Dampen, der træder ind i samme. Da Dampstøvler ofte ere betydeligen høie, saa ere de almindeligen omgivne af en Omgang med Rækværk 3 til 4 Fod fra deres Laag, paa det at Arbeideren kan gaae rundt, enten for at udføre Stæmplet eller foretage andre Udbedringer.

Stæmplet, der bevæger sig i Dampstøvlen, bestod forhen af to cirkelrunde Jernplader, der vare heftede sammen med Skruer, som til samme Tid tjente til at fastholde Hampen eller hvad anden Udstopning, der anvendtes for at gjøre dem luft-tætte, og, da den Kraft, der virkede paa Stæmplet, stedse bragte det til at gaae nedad, saa var dette kun ved Jernbaand eller Kjæder nedhængt fra Stæmpelstangen, saaledes som det er afbildet i *d* Fig. 123. Men, da Kraften nu virker almindeligen anderledes, baade foroven og forneden, saa ere Stæmplerne anderledes indrettede, saaledes som det er afbildet Fig. 124, 125 og 126; thi en langt større Mængde Udforing er anbragt imellem Over- og Underdelen af Stæmplet, og, istedetfor at disse Dele ere Plader, ere de almindeligen gjorte af støbt Jern, saaledes, som de ved *DD* og *FF*, Fig. 135, ere fremstillede i Gjennemsnit; den nederste Deel *FF* er dreiet saaledes, at deri bliver en Rende for Udforingen *CC*, den øverste Deel *DD* udgjør Resten af Renden, og den er i Midten uddreiet og passer over den valseformede Deel af *FF*, som Laaget paa en Daase; begge Stykker holdes sammen af Skruerne *EE*, hvorved deres Afstand bestemmes. Udforingen bestaaer af heglet Hamp, som er vunden rundt i Randen, naar denne er størst, eller Stykkerne saa langt fra hinanden, som Skruerne *EE* tillade det; efterat Udforingen er lagt muligst fast, bliver Stæmplet stødt ind i Støvlen, og dernæst Skruerne trukne til, saa meget som de kunne, for at bringe Stæmplets øverste og nederste Deel muligst nær, og derved tillige gjøre Udforingen end tættere, og bringe den til at slutte mod Siderne af Støvlen. Slides nu Udforingen, saa at Stæmplet gaaer for let i Støvlen, eller ikke slutter aldeles, saa trækkes Skruerne, hvis Antal er større eller mindre efter Omstændighederne, endnu mere til, hvorved da Udforingen stedse bringes til at tætte alt meer og meer; kunne Skruerne ikke trækkes længere til, eller ere *DD* og *FF* hinanden allerede saa nær, som de kunne komme, og Stæmplet endnu ikke aldeles slutter, saa maa det udtages og friskt Udforing lægges ind. Stæmpelstangen *dd* er fæstet til den nederste Deel af Stæmplet *FF* ved at den har en kegledannet Skikkelse og gaaer

igjennem et kegledannet Hul og ved at foroven er paaskruet Møttriken *m*, som holder Stangen aldeles fast, idet den drager den opad og den kegledannede Ende den nedad. Da baade Stæmplet selv ligesom Støvlens Laag, der maa borttages for at komme til det, ere svære, saa er det brugeligt ved alle store Maskiner at anbringe over Støvlen en Kran eller en Vægtstang for at lette dem. Arthur Woolf opfandt, for ikke for tidt at behøve at flytte Laaget, et Stæmpel, der var saaledes indrettet, at den Bevægelse, der gaves een Skrue meddeeltes alle de andre, formedelst Tandhjul, der vare anbragte ovenpaa Stæmplet, saaledes at en stor Nøgle, ligesom en Uhrnøgle kunde stikkes igjennem et Hul paa Laaget af Støvlen, og, idet den dreiede denne ene Skrue, tillige dreiede formedelst Tandhjul de øvrige og trak dem saaledes alle ligeligen til; Hullet i Laaget lukkedes siden med en indskruet lufttæt Prop. Laaget paa Støvlen har endvidere en Huulning for at modtage Tælle, som smælte ved Dampens Hede, og føres ned, naar det gjøres fornødent, i Støvlen ved en Tragt, der har en Spærhane, saa at Stæmplet holdes aldeles damptæt, og tillige Rivningen formindskes. En lignende Udforing af løs Hamp, gjennemtrukken af Tælle, er ligeledes svøbt om Stæmpelstangen og de øvrige Stæmpler, og Hampen sammentrykkes paa lignende Maade ved Skruer.

Stundom, for at spare Ulejlighed og Udgifter ved den hyppige Udforing, er Stæmplet gjort aldeles af Metal, og Messing synes her at være tjenligst, især naar Støvlen er af støbt Jern, hvilket almindeligen er Tilfældet. Det Stæmpel, som Dr. Cartwright har angivet, har man fundet at være hensigtsmæssigt; det bestaaer af to Ringe af Messing, som have Støvlens hele Vide, men ere saugede i flere Stykker, saaledes som det er afbildet Fig. 136 og 137 ved Bogstaverne *l*, *l*, *l*, *l*; Ringene ere lagte saaledes sammen, at Fugerne ikke ligge lige over hinanden; Stæmpelstangen gaaer igjennem to Plader, som ved paaskruede Møttriker holde den fast og de gjennemsaugede Ringe sammen; Staalfjedrene *n*, *n*, *n*, Fig. 136, spile disse Stykker ud, saa at de komme aldeles til at slutte mod det Indvendige af Støvlen. Een af de bedste

Stæmpler af denne Indretning er afbildet Fig. 138; det bestaaer af een tyk Ring af Messing *opq*, istedetfor de to, som dannede det forrige Stæmpel, Ringen er meget nær afpasset efter Støvlen, og først ere de tre Affnit *r*, *r*, *r*, borttagne, saa at en ligesidet Trekant *opq* kun bliver tilbage; de tre Spidser heraf *s*, *s*, *s*, ere atter affkaarne, og dernæst det sexkantede Mellemstykke udtaget; Stæmpelstangen *v* gaaer nu, ligesom ved det forrige Stæmpel, igjennem to stærke Plader, een foroven og een forneden, imellem hvilke de tre Affnit *r*, *r*, *r*, og de tre smaae Trekanter *s*, *s*, *s*, holdes; ved Fjedre *t*, *t*, *t*, der gaae ud fra Stæmpelstangen, trykkes paa Trekanterne *s*, *s*, *s*, og disse virke som Kiler paa Affnittene *r*, *r*, *r*, saa at, hvis selv Stæmplet slides, vil dets Dele dog spænde saaledes mod hinanden, at de stedse ville holde det damptæt. Et Stæmpel af denne Indretning har holdt sig i flere Aar i en Dampmaskine, uden at behøve nogen Forbedring eller andet Tilsyn end at holdes vel smurt, og, naar Støvlen blot indvendigen er nøiagtigt rund, synes det at være een af de bedste Skikkelser, man kan give Stæmplet især i Høitryks-Maskiner.

Fra **Stæmpelstangen**, der stedse er af Smedejern og meget omhyggeligen runddreiet, forplanter Dampens Kraft sig til Bommen ved den ligelobende Bevægelses Indretning, saaledes som det er viist Fig. 131, og vi behøve ikke at tilføie andet om denne, end at bemærke, at, ihvorvel den endnu, som fordum stedse var Tilfældet, stundom gjøres af Træe, saa er den i Almindelighed forfærdiget af støbt Jern, noget spids imod begge Ender og er baade ziret og styrket ved nogle Fremragninger, saaledes som det er afbildet Fig. 131. **Bommen** er som oftest støbt af et eneste Stykke, men ved meget store Maskiner bestaaer den af to paa langs sammenføiede Stykker, og fra Mellemrummet, som har en Brede af nogle faa Tommer, gaae alle Pumpestænger umiddelbart, saafremt de ikke kræve den ligelobende Bevægelse op og ned. I dobbeltvirkende Maskiner med Svinghjul er ingen Foranstaltning fornøden for at begrændse Maskinbommens Bevægelse, eftersom dette skeer paa den bestemteste Maade ved Krumtappens Længde; men i

enkeltvirkende Maskiner, hvor ingen Krumtap findes, er et stærkt Stykke Træe anbragt ovenpaa Maskinbommen, som *i*, Fig. 131, hvilket er bestemt til at tage imod Stød af to andre Stykker Tømmer, som ligge tværs for Maskinbommen; begge Dele ere der, hvor de støde sammen, dækkede med Kork, for at Slaget kan være desto lettere og mindre støiende, og endvidere, naar Bevægelsen bliver for stærk, røres en Klokke, som varsler Arbeideren om, at Tapperne, hvorved Dampproppperne aabnes, ere stillede urigtigen. I nogle smaae Maskiner er Bommen deelt i to Halvdele og har en trekantet Skikkelse; hver Halvdeel er da anbragt paa sin Side af Støvlen og under denne, istedetfor over den; i dette Tilfælde kaldes Maskinen en Klokkeknæe-Maskine (Bell-Crank-Engine), efterdi denne Indretning virker ligesom et Klokkeknæe.

Naar vi gaae atter ned fra Bommen og Støvlen komme vi til Fortætteren *H*, Fig. 124. Om denne have vi tilforn bemærket, at den staaer i en Kasse med koldt Vand *II*, som stedse fyldes med Vand fra det kolde Vands Pumpe *O*. Man fandt imidlertid snart, at blot at sænke Fortætteren ned i koldt Vand frembragte ikke endnu en saa hurtig Fortætning, som Dampmaskinen krævede, det blev derfor fornødent at indsprøite en gandske ringe Deel koldt Vand i det Indre af Fortætteren, hvilket skeete ved Indsprøitnings-Hanen. Denne Hane er afbildet ved *g* i Figuren; den staaer saaledes under Overfladen af det kolde Vand i Kassen *II*, at, naar den aabnes, en Straale koldt Vand just træffer Dampen, idet den træder ind i Fortætteren. Indsprøitningshanen dreies af en lang Stang, som gaaer igjennem Laaget af det kolde Vands Kasse og ender sig i en Viser *i*, der gaaer over en inddeelt Gradbue, for at vise, hvorvidt Hanen er aaben, eller om den er lukket; thi, da inden i Fortætteren findes et lufttomt Rum, naar Maskinen er i Arbeide, vil en gandske liden Forskjel i Omdreiningen af Hanen, gjøre en betydelig Forskjel i den Vandmængde, som udsprøites. Vigtigheden af Indsprøitnings-Hanen viser sig tydeligt ved nogle Maskiner, f. Ex. ved dem, der befinde sig paa Dampbaadene, hvor, formedelst Søens Rullen, det er umuligt at holde det kolde Vand i den rette Høide, og hvor

derfor den hele Fortætning maa skee ene ved Indsprøitningshanen, uden det kolde Vands Kasse.

Det tomme Rum i Fortætteren er frembragt baade ved Dampens Fortætning og ved Luftpumpen K; da det er vigtigt, at erholde dette muligst fuldkomment, saa bliver det nødvendigt at have Midler til at dømme om dets Tilstand, og om Luftpumpen er i Stand og gjør sin Gjerning. Dette skeer ved det saakaldte **Barometer** eller Lufttrykmaaleren, som bestaaer af et lidet lufttæt Jernrør, der gaaer fra det Øverste af Fortætteren, og ender sig i et omtrent 30 Tommer høit Glasrør, der er heftet til Væggen i Maskinhuset, eller paa et andet fast Sted, og fyldt med Qvikselv. Den nederste Deel af hele Røret, eller den Deel, der er af Jern, kan være saa lang, som man vil; forøven, hvor det skal holde Qvikselvet, gives det den Skikkelse, som er afbildet ved k i Figuren. Da det er aldeles ligt Lufttrykmaaleren, der anvendes som Prøver ved Luftpumpen og denne forhen er beskreven (S. 97), saa behøve vi her ikke længere at opholde os ved den.

Der er endnu et Stykke ved Fortætteren, som kaldes **Blæseproppen** (blow-valve), og som vi maae lægge Mærke til, saasom det er aldeles nødvendigt, naar Maskinen først skal sættes i Gang; siden derimod bliver det uvirksomt og ubrugeligt. Denne Prop er fremstillet i Z, Fig. 124, og slutter ved den kegledannede Skikkelse, den har, et Rør, som gaaer ud fra Fortætteren til det kolde Vands Kasse. Dens Hensigt er at frembringe det første lufttomme Rum førend Maskinen begynder at bevæge sig, thi, efterdi en stor Rivning i Begyndelsen skal overvindes, da Smørelsen ved Stæmplet og de andre Pumper er kold og stiv, saa vilde det være umuligt at sætte Maskinen i Gang blot ved at indlade Damp paa den ene Side af Stæmplet, hvis ikke tillige paa den anden Side et lufttomt Rum frembragtes. For altsaa at bringe Maskinen i Gang, lukkes Indsprøitningshanen, og alle de øvrige Haner eller Propper aabnes paa eengang, noget, der skeer af sig selv, ved en særegen Mechanisme. Dampen gaaer paa Grund heraf ikke blot ind i Støvlen over Stæmplet, men ogsaa under det og ned i Fortætteren, og dette kaldes at **gjennemblæse** Maskinen; dette

maa skee indtil alle Dele ere tilstrækkeligen varme, saa at de ere istand til at gaae; den overflødige Damp, naar Delene blive tilstrækkeligen ophedede, vil gaae ud og undslippe gjennem Fortætteren udaf Blæseproppen, der løftes i Veiret ved Dampens Kraft og stilles under det kolde Vands Kasse, og saaledes vil den undslippe, fortættes og ikke fylde Maskinhuset. Det er denne Gjennemblæsen, der frembringer den Støien, man hører, idet store Maskiner sættes i Bevægelse, og som foraarsager et Tab af Damp i de første Minuter, hvilket ikke vel kan forekommes. Saasnart Dampmaskinen er tilstrækkeligen gjennemhedet, maa Sideroret, som tillod Dampen at gaae ind i Fortætteren, lukkes og Indsprøitnings-Hanen g aabnes ved at dreie Haandgrebet i, da et lufttomt Rum strax vil danne sig i Fortætteren, og følgeligen paa den Side af Stæmplet, hvilken er modsat den, man lader Dampen vedblive at virke paa. Stæmplet vil da begynde at bevæge sig, og efterat det har gjort to eller tre Slag, vil Maskinen være tilstrækkeligen gjennemvarmet og fortsætte sin Bevægelse. Skulde den ikke gjøre det, da maa Gjennemblæsningen foretages paany, indtil Maskinen kan komme ordentligen i Gang; efterat dette er skeet, bliver Blæseproppen overflødig, men den hindrer ikke Fortætteren i sin Virksomhed, efterdi den stedse holdes lukket ved Lufttrykket.

Bruget af de andre Dele af Maskinen, saasom Luftpumpen K, som udgyder det hede Vand i den lille Kasse N, og det kolde Vands Pumpe O, for at holde Kassen H aldeles fyldt, behøver ingen videre Forklaring, efterdi der er intet Særegent i deres Indretning. Den lille Trykpumpe h, der gaaer i det varme Vands Kasse N, forsyner Kjedlen med varmt Vand, som den oppumper ved sit Sugerør p i Kassen HH, Fig. 121, der foroven er anbragt i Sugeroret (S. 258); og, da dette Vand indeholder liden eller næsten ingen Luft, har det i denne Henseende Fortrin for andet, som ellers kunde indbringes.

Ved den tidligere Indretning af Dampmaskinerne, endog efterat Watt havde forbedret dem, var det brugeligt at lade Dampen virke paa Stæmplet hele Tiden, medens det gik fra

det Øverste til det Nederste, eller omvendt fra det Nederste til det Øverste i Støvlen; derved blev Bevægelsen stedse tiltagende og var størst, just det Øieblik, den skulde standses. Dette var skadeligt for Maskinen, ikke blot formedelst den uregelmæssige Bevægelse, men ogsaa for det store Moment, som nødvendigen maatte frembringes hos Stæmplet, den tunge Maskinbom og alle Maskinens øvrige bevægelige Dele, og som maatte tilintetgjøres imellem hvert Slag med stort Offer af Kraft. Watt indsaae imidlertid, at han kunde gjøre Stæmplets Bevægelse regelmæssig, istedetfor med tiltagende Hastighed, idet han efterhaanden lukkede for Dampen, endog længe førend den hele Bevægelse var til Ende; thi Stæmplet vilde af sig selv gaae med den Fart, det ved det forrige Tryk havde faaet, endog om ingen Kraft kom til, og denne Fart, som vilde have været skadelig, da ved et fortsat Damptryk den vilde have frembragt en voxende Hastighed, tjente saaledes til at fuldbyrde det hele Slag af Stæmplet. Dette gav en betydelig Besparelse; thi, istedetfor nu at forbruge en heel Støvle, fyldt med Damp, var næsten den halve Mængde ligesaa virksom, hvorfor ogsaa Watt løste i Aaret 1782 et særegent Patent for denne Maade at anbringe Damp. I de følgende Forsøg, som Watt anstillede, i Forbindelse med Professor Robison, viste det sig, at $\frac{1}{4}$ af Støvlen, fyldt med Damp, udrettede $\frac{3}{4}$ af det, hele Støvlen, fyldt med Damp, vilde have gjort, og at altsaa, hvis der lukkedes for Dampen, naar imellem en Fjerdedeel og det Halve af Støvlen var fyldt med Damp, vilde det samme Arbeide, som ved hele Støvlen, udrettes, og derhos en langt bequemmere og ligeligere Bevægelse frembringes.

Denne Omstændighed er af største Vigtighed, idet man vil rette Maskinen efter foranderligt Arbeide; thi ved at anvende Styrehaanden, kan Maskinen bringes til at afslukke sin Damp naarsomhelst, enten ved Enden af hvert Slag, eller tidligere efter Ønske. Denne Maade at anvende Damp bruges nu bestandigen, og viser tillige, hvad vi forhen have bemærket (S. 247), at hverken Firegangs-Hanen, eller den glidende Styrer ere de meest passende Midler til Dampens Fordeling, thi ved begge, trænger det Øieblik, det lufttomme Rum dan-

nes paa den ene Side af Stæmplet, Damp ind paa den anden Side og fortsætter sin Virkning paa denne Side, indtil af selve Maskinen disse Indretninger bringes til at virke modsat; ved de særskilte Propper derimod, hvilke ere afbildede Fig. 125 og Fig. 133, kan Dampen udelukkes, naarsomhelst under Stæmplets Slag, enten naar Stæmplet har gjort en Trediedeel eller det Halve af sin Vei, eller har naaet Bunden af Støvlen, og i denne Tid vedligeholdes det lufttomme Rum under Stæmplet, lige indtil det atter skal gaae i Veiret. Ved store Maskiner, hvis Støvler indeholde ofte hele Tønder, er dette væsentligt, men ved mindre, hvor Støvlen kun holder faa Potter, er dette mindre vigtigt.

Sikkerheden af alle en Maskines Dele og Nøiagtigheden af disses Bevægelser, afhænge af den rigtige Aabning og Lukning af Propperne i rette Tid; thi, hvis de forblevе lukkede det Øieblik, de skulde være aabne, og aabne, naar de skulde være lukkede, vilde betydelig Fortræd opstaae i Maskinen, derved at Dampen kom til at virke i en Retning, modsat den, i hvilken Stæmplet skulde bevæge sig fra oven nedad, eller omvendt. Ved Indretningen af Styrehaanden maa særegen Opmærksomhed henvendes herpaa, og det desto mere, jo mere Propperne have en naturlig Tilbøielighed til at blive siddende, naar de engang ere lukkede, og jo mere de Midler, som man anvender herimod, have den modsatte Følge at ville i urette Tid aabne Propperne. Grunden til denne Mangel vil end tydeligere indsees ved Betragtning af een af de Maskiner, i hvilke Propper anvendes, saasom den i Fig. 125 afbildede, i hvilken Proppen *G* forestilles lukket. Betragtes Maskinen, som værende i Gang, vil Damp trykke ovenpaa Proppen, medens et lufttomt Rum findes forneden, følgeligen vil den holdes stærkt nede, ja saa stærkt, at den ikke kan hæves med sædvanlig Kraft; thi, hvis denne Props Tværlinie er 10 Tommer, saaledes som den i det Virkelige er ved de store Maskiner ved Vandværkerne, hvilke vi forhen have omtalt, S. 246, og den forenede Kraft af det lufttomme Rum forneden og Damptrykket foroven er 15 ℔ paa Qvadrattommen, saa, da Proppens Fladeindhold er 78½ Qvadrattomme, holdes den nede

med en Kraft, ei mindre end af 1178 ℔, og selv, efterat Propperne *I* og *H* ere lukkede, vil det lufttomme Rum dog forblive under *G*, saa at, førend den kan aabnes, maa den store Kraft, hvoraf den holdes nede, overvindes. Er *G* endeligen bleven aabnet, da holdes *I* lukket under de samme Omstændigheder, eftersom der er et lufttomt Rum under den og Damp over den, altsaa maa der bruges eet eller andet Middel for at hæve denne Kraft, som ellers Propperne og Styrehaanden ikke kunde modstaae. I Maskiner, som have mindre end 30 Hesties Kraft, aabnes derfor Propperne ved den Indretning, der kaldes Dykkerlodder (Plunger-weights), istedetfor ved Styrehaanden; Hensigten af dem er alene til en passende Tid at aabne Propperne og siden lukke dem ved at hæve Lodderne. Dykkerlodderne ere tilstrækkeligen tunge for at overvinde Propernes Modstand og ere heftede til deres Vægtstænger ved lige Stænger, saaledes at de holde Propperne bestandigen aabne; følgeligen, naar en Prop skal lukkes, maa Dykkerloddet hæves ved Maskinen, og Hager med Springfjedre ere anbragte ved Proppernes Vægtstænger, saa at disse holdes lukkede og deres Aabning forekommes, indtil Hagerne atter løsnes ved Styrehaanden. Saadan en Indretning er i Fig. 133 anbragt blot ved een Prop, for ikke at foraarsage Forvirring: *vxy* forestiller Proppen *g*'s Vægtstang, der dreier sig om Navlen *v*, om gaaer damptæt gjennem en firkantet Deel af Sideroret, hvilken just er indrettet baade forneden og foroven for at modtage Propperne. Fra Punctet *x* af denne Vægtstang gaaer Stangen *xz* lige ned til Dykkerloddet *A*, som maa være tungt nok for at overvinde Trykket af Dampen paa Proppen *g*, naar den er lukket, og at aabne den ved at trække dens Vægtstang ned i den med Prikker antydede Stilling *vq*; *r* er en Tand eller en fremspringende Deel, som staaer i Forbindelse med Navlen *v*, saaledes at den bevæger sig med denne og forhindrer, naar den er fastgjort, enhver Bevægelse af Vægtstangen *vxy*, og, som Følge heraf, af Proppen *g*; *st* er en Hage, der bevæger sig om et fast Punct, men holdes i en vandret Stilling ved en Fjeder. Naar Proppen *g* er lukket, er Tanden *r* i en saadan Stilling, at den staaer mod den flade Side af Hovedet

paa Hagen *st* og saaledes holdes Proppen *g* nede og dens Vægtstang med Enden oppe som *xy*; der kan derfor ingen Damp gaae igjennem *g*; men, efterdi til samme Tid den øverste Dampprop *e* er aaben, vil Damp træde ind foroven i Støvlen og bringe Stæmplet ned; *EF* er den nederste Deel af Tapbommen, som vi forhen have omtalt; dens øverste Deel staaer i Forbindelse med Maskinbommen eller ogsaa umiddelbart med Stæmpelstangen, saa at, naar denne gaaer op eller ned, vil Tapbommen gjøre det Samme; følgeligen er den under nærværende Omstændigheder ved at gaae ned; *k* er en Stift eller Tap, der er anbragt paa den i en saadan Stilling, at just, idet Stæmplet er ved at komme nederst i Støvlen, slaaer den mod Enden *t* af Hagen *st* og bringer den saaledes til at løfte Enden *s* og gribe over og fatte Tanden *r*, hvorved Dykkerloddet *A* vil komme til at virke, bringe Vægtstangen *vxy* i Stillingen *vq* og løfte Proppen *g*. Til samme Tid bliver ved en lignende Indretning den øverste Prop *e* lukket, følgeligen ophører Dampen at trykke ovenpaa Stæmplet, men virker derimod gjennem den nu aabne Prop *g* under det; dette gaaer altsaa i Veiret og drager med sig Tapbommen, hvorved en anden Tap *l* kommer under Enden af Vægtstangen *q* og løfter den i sin forrige Stilling *y*, Tanden *r* træder da udenfor Hagen og Alt kommer til at staae, som det er aftegnet, d. e. Proppen *g* er atter lukket ɔc.; til samme Tid har *e* aabnet sig, og et nyt Stæmpelslag begynder. Af denne Forklaring ville vi indsee, hvorledes et lignende Maskinerie er istand til at sætte Fortætterens Propper i Gang.

Det pludselige Fald af en Vægt, tung nok for at aabne Propperne af en mægtig Maskine, vilde ofte være forbundet med farlige Omstændigheder, havde man ikke anvendt eet eller andet Middel for at formindske den Kraft, hvormed dette skeete: man lader Dykkerloddet gaae i et temmeligen nøiagtigt sluttende Rør eller en Kasse *G*; og, da denne, ligesom Dykkerloddet selv, staaer i det kolde Vands Kasse, saa er den stedse fyldt med Vand, som gaaer ind igjennem en Klap *u*, der aabner sig indad; naar Dykkerloddet gaaer ned, gjør Vandet nu Modstand og tillader det kun langsomt at synke; men, idet det

gaaer i Veiret, aabner Klappen *l* sig, hvorved det indtrængende Vand hjælper til at drive Loddet i Veiret og letter Tapbommen for en unyttig Byrde; hertil bidrager endnu, at *x* er anbragt nær *v*, hvorved *vy* bliver den længere Vægtstangs-Arm. Ved store Maskiner ville Dykkerlodderne dog stedse være ved deres Tyngde ubequemme, og derfor have Watt og Boulton ved saadanne anbragt en særegen liden Dampstøvle og et Stæmpel blot for at lette Propperne for Trykket. Denne lille Støvles Stæmpelstang, som i Almindelighed er anbragt lige under Siderørene, er en Fortsættelse af den Stang, hvormed Propperne ere forbundne og er gjort damptæt ved at gaae igjennem sluttende Bøsninger. Stæmplet har samme Tværlinie, som de Propper, med hvilke det staaer i Forbindelse, og Dampgangene føres saaledes fra Siderørene, at, naar Damp bringes til at trykke paa en Props overste Flade, trykkes Stæmplet til samme Tid forneden og stræber saaledes at drive Proppen i Veiret just med en Kraft lig den, som trykker den ned; følgeligen bevæger Proppen sig med samme Lethed, som om aldeles intet Tryk var paa den, eller paa ingen af Siderne noget lufttomt Rum. Dykkerlodderne behøve derfor ikke at være sværere end hvad, som just er fornødent for at overvinde Rivningen af det lille Stæmpel og dets og Proppernes Stængers Rivning i deres Bøsninger. Ved de Maskiner, som gaae med en Firegangs-Hane eller en glidende Styrer, ere Dykkerlodder unødvendige, ja kunne ikke engang vel anbringes, ihvorvel den Bevægelse, de frembringe, stedse er ønskelig; thi Dampen bør ikke i eet Øieblik indelukkes, men Tid efter anden; styrter den altfor hurtigt paa Stæmplet, da maa man befrygte Fortræd, ved at den udøver sin Kraft, inden Stæmplets og Maskinbommens Ligegyldighed ere overvundne. Glideren og Firegangs-Hanen ere ligeledes udsatte for en anden Ubequemmelighed, nemlig den, at, dersom den første anvendes til en nogenlunde mægtig Maskine, vil Glideren *xx*, Fig. 129, med altfor stor Kraft trykkes mod Sidefladen *tt*, idet Dampen virker bestandigen udvendigen, og der indvendigen befinder sig et lufttomt Rum; derved ville de Dele, der glide langs hinanden, slides og blive hule, saa at de ophøre at slutte damptæt, noget der og-

saa ofte er Tilfældet med Stangen, der fører Glideren, og som skal gaae aldeles damptæt i Bøsningen; og, bringer man den end, efter at være slidt, til at slutte, da kræver den dog stor Kraft for at sættes i Bevægelse. Ligeledes vil Hanen Fig. 126 og 127 ved blot at dreies en Fjerdedeel Gang rundt, miste sin runde Form ved Slid, og saaledes ophøre at være tæt. Denne Ufuldkommenhed afhjalp Joseph Bramah ved at indrette Hanen til bestandigen at dreies rundt een Vei, noget der skeete ved en ringe Forandring af den Mechanisme, der virkede paa den fremragende Deel *L*, ved hvilken Hanen dreiedes. Dette frembringer det Samme, som om Hanen dreiedes blot i en Fjerdedeel-Cirkel rundt og har den Fordeel, at Hanen slides overalt ligeligen eller ikke ophører at være rund.

Efterat saaledes de særskilte Dele af den dobbeltvirkende Dampmaskine ere beskrevne i deres særegne Forhold, vil det blot blive fornødent at nævne deres Navne, idet vi henvise til **Titeltavlen**, som giver en Fremstilling af en fuldstændig Maskine af dette Slags, saaledes som den nu i Almindelighed forfærdiges, uafhængig og fri for al Forbindelse med den Bygning, hvori den er opsat. *aa* er en lang, smal Kasse, dannet ved at sammenskrue støbte Jernplader saaledes, at derved tilveiebringes et Fundament, hvorpaa den hele Maskine hviler. En Deel af dette Fundament har en svær Bund *bb*, og en lodret staaende Skillevæg *c*, hvorved dannes en Deel *abbc*, som bliver det kolde Vands Kasse. Umiddelbart over denne er fast anbragt Dampstøvlen *d*, og lige under den Fortætteren *e* og Luftpumpen *f*; *gg* ere Siderørene, der modtage Dampen fra Damprøret *h*, som gaaer ud fra Kjedlen *A*, der er forsynet med alle de Indretninger, som forhen ere beskrevne og afbildede Fig. 121; *iii* ere støbte Jernsøiler, af hvilke fire staae i Hjørnerne og saaledes tillige styrke Forbindelsen imellem Pladerne, som danne Fundamentet, og to staae midt paa Siderne; de bære den støbte Ramme *kk*, paa hvilken Panderne, hvori Maskinbommen *ll* gaaer, ere fastgjorte. Fra Maskinbommen nedgaaer Indretningen til den ligelobende Bevægelse *m*, og den dermed i Forbindelse staaende Stæmpelstang *n*, endvidere Luftpumpens Stang *o*, der tillige tjener som Tapbom, idet dens

Tapper eller Knopper *pp* virke paa Vægtstangen *r* og saaledes afvexlende indlade og udelukke Dampen. Det varme Vands Kasse er fremstillet i *q*; *s* er det varme Vands Pumpe, der drives ved Stangen *v*, som gaaer ned fra den store Maskinbom; *u* er det kolde Vands Pumpe, der drives paa lignende Maade. *B* er det store Svinghjul, hvis Axel hviler paa Overdelen af Fundamentet *aa*, medens Navet staaer ved Knæet eller Krumtappen i Forbindelse med Stangen *C*, og med denne atter med Enden af Maskinbommen; *ww* er Styreren, der dreies rundt ved Snoren 11, og som virker ved Stængerne 22 paa Drøvlen *x*; *y* er Haandgrebet og Viserpladen af Indsprøitningshanen, og *z* er Barometret eller Fortætningsmaaleren, der er heftet paa een af Søilerne: 3 er Mandhullet, 4 Sugerøret, 5 Ildstedet, 6 Skornstenen, 7 een af Prøvehanerne, 8 Dampproveren.

Det vil være indlysende for Enhver, som betragter Watt's Forbedringer ved Dampmaskinen, at disse kunne gives mange Skikkelser og forskjellige Anvendelser, og i det Virkelige fik ogsaa en Mechaniker, ved Navn **Jonathan Hornblower**, Patent i Aaret 1781 (altsaa lidet før Watt fik sit Patent for at bruge Dampens Udvidekraft) for en Fremgangsmaade, der var høist sindrig; sandsynligviis var det ikke Hornblower bekjendt, at samme Idee tidligere var beskreven af Dr. **Falck**. Hornblower's Plan bestod i at bruge to Støvler og Stæmpler istedetfor een, uden derfor at forlange nogen forøget Mængde af Damp, eftersom begge Støvler vare forenede med Haner og Propper, paa en Maade, omtrent lig den, der er fremstillet Fig. 139, Tavle XIII., hvor *ab* er den sædvanlige Støvle af en dobbeltvirkende Maskine, der forsynes med Damp, som det tilforn er beskrevet, af Røret *c*, der har to Haner *d* og *e* eller een eller anden af de Indretninger, vi tilforn have omtalt for paa en passende Maade at styre og fordele Dampen. Haner ere her brugte i Figuren, eftersom de ere de simpleste, og af samme Grund antages, at de ikke dreies med noget særegent Maskinerie, som ivrigt vilde være liigt det forhen beskrevne, men at de aabnes og lukkes blot ved Haanden. Rørene *f* og *g* gaae fra det Øverste og Nederste af Støvlen, saa at

Dampen kan undvige; men, istedetfor at føre til Fortætteren, som i de forhen beskrevne Maskiner, føre de til de modsatte Dele af en anden Dampstøvle; Røret *f* fra den øverste Deel af den første Støvle gaaer til den nederste Deel af den anden, medens Røret *g* forener det Nederste af den første Støvle med det Øverste af den anden. Den anden Dampstøvle er længere og iøvrigt af større Indhold, end den første, og fra dens øverste og nederste Deel gaae to Rør *k* og *l*, som ende sig i Fortætteren *m*, ligesom ved de andre Maskiner. Alle disse forskjellige Rør have Haner eller Propper, hvormed de efter Behag kunne aabnes og lukkes. For at drive denne Maskine maae alle Hanerne eller Propperne aabnes paa eengang for at blæse igjennem eller fylde enhver Deel af Maskinen med Damp; dernæst maa Damphanen *d* lukkes, og Hanerne af Rørene *g* og *l* tillige lukkes samme Øieblik, hvorimod Indsprøitningshanen til Fortætteren aabnes. Dampen vil da træde ind igjennem *b* og begynde at hæve det første Stæmpel *n*, medens Dampen, som allerede var i *a*, vil gaae igjennem Røret *f* til *h*, og følgeligen udøve sin øvrige Spændkraft for at hæve det andet Stæmpel *o*, over hvilket et lufttomt Rum har været dannet ved Forbindelsen med Fortætteren gjennem Røret *k*; og, da begge Stæmplerne ere heftede til samme Ende af Maskinbommen, vil, som Følge heraf, den af dem frembragte Kraft yttre sig paa samme Tid og i samme Retning. Naar Stæmplerne ere komne øverst op ved deres Slag, maa Damphanen *e* lukkes tilligemed Hanerne i Rørene *f* og *k*, og alle de andre aabnes; da vil opstaae en Virkning, hiin modsat; thi nu vil Damp gaae ind og nedtrykke Stæmplet *n*, og den, som allerede var i *b*, vil udøve sin Spændighed, gaae igjennem Røret *g* ind i *i* og nedtrykke Stæmplet *o*, medens et lufttomt Rum danner sig i *h*, ved at Røret *l* aabner sig. Stæmplerne ville derfor gaae samtidigen ned, hvoraf Hornblower lovede sig saare store Fordele i Udførelsen, noget, der tildeels ogsaa bekræftede sig ved Dr. Robison's mathematiske Undersøgelse, idet han anslog, at Hornblower's Maskine vilde have en Fordeel over Watt's i Forhold af 853 til 833 eller omtrent af $2\frac{1}{2}$ pCt. Dog her viste det sig, hvor vanskeligt det

er at tage alle Omstændighederne i Regning; thi da det kom til Udførelsen, og forskjellige Maskiner af betydelig Størrelse vare indrettede, overbeviistes man om, at Rivningen af de to Stæmpler og den større Overflade, som var udsat for at afkjøles, opveiede aldeles Fordelen, der ellers kunde være ved paa denne Maade at anvende Damp, i det Mindste med den Spændkraft, som da brugtes; derimod har det siden viist sig, at meget ophedet Damp og altsaa af høi Spændkraft kan med stor Fordeel paa denne Maade anvendes.

Hornblower's Maskine var imidlertid uden Fortætteren, den lukkede Støvle og andre Forbedringer, til hvilke Watt's Patent forsikkrede ham Eiendomsret, uvirksom, og Anvendelsen af disse uden Watt's Samtykke blev nægtet ved de engelske Domstole, følgeligen nødedes Hornblower til at tye til den gamle Maade at fortætte i selve Støvlen, og herved tabtes alt, ja langt mere, end hvad nogensinde kunde vindes, og hans Opfindelse blev saaledes unyttig. Man maa vel beklage, at en saa talentfuld Mand, som Hornblower, spildte den bedste Deel af sit Liv og ødelagde sin Formue ved en Række af egennyttige og frugtesløse Forsøg paa, idet han copierede Watt's Opfindelser, at omgaae Patentets Ord.

Ihvorvel Watt brugte Damp istedetfor et Tryk af Luften, indskrænkede han dog ved alle sine forskjellige Indretninger dens Spændkraft til et Tryk, der meget lidet overskreed det sædvanlige Lufttryk, og i saadant Tilfælde var aldeles ingen Fare forbunden med Dampen. Men allerede de første Forsøg, som vare anstillede med Dampmaskinen, havde overbeviist Mechanikerne om, at Kjedlen kunde bringes til at modstaae et betydeligt Tryk, og, hvor Damp allerede i sin svage Tilstand kunde udrette saa meget, hvad maatte man da ikke vente sig af den, naar dens Spændkraft var forhøiet? Saadanne Slutninger ledede til **Høitryksmaskinerne** (high-pressure-engines), eller de Maskiner, i hvilke Damp er ophedet, under Lukke, saa at dens Spændkraft betydeligen overstiger Atmosphærens Tryk. En saadan-Maskines Virksomhed behøver kun liden videre Forklaring; thi, da Damp af 80 Grader holder Ligevægt med Atmosphærens Tryk, eller ikke vil yttre noget

Tryk, naar den modsættes den frie Luft, men derimod i det lufttomme Rum trykker ligesom denne med omtrent 14 ℔ paa Qvadrattommen, saa, hvis samme Damp ophedes til 97,5 eller 97½ Gr. Varme vil den trykke dobbelt saa stærkt (S. 206), eller med 28 ℔ paa Qvadrattommen, saafremt den arbeider mod et lufttomt Rum; lader man samme Damp arbeide mod Luften, eller ikke frembringe noget lufttomt Rum under Stæmplet, da vil dens Kraft være som een Atmosphære, eller den vil have ligesaa megen Overmagt over Luften, som Damp til 80 Grader havde over det lufttomme Rum. Ved altsaa at forøge Dampens Spændkraft, eller fremdeles at ophede den, kan Maskinens Indretning gjøres langt simplere; thi Fortætteren, det kolde Vands Kasse, Luftpumpen, det kolde Vands Pumpe og alle de Dele, som staae i Forbindelse med eller danne det lufttomme Rum, kunne udelades, og derved megen Rivning undgaaes. Dette er af største Vigtighed, hvor der ikke er koldt Vand i tilstrækkelig Mængde for at bevirke Fortætningen, hvilken Omstændighed har været saa væsentlig, at man ofte aldeles ikke har formaaet at indrette en Maskine, der krævede Fortætning, hvor hensigtsmæssig og nyttig den end havde været.

Den første Anvendelse af Damp af høiere Spændkraft for dermed at drive Stæmpler synes at være den, der er omtalt i **Leupolds** theatrum machinarum, udgivet i Aaret 1724, og som tilskrives Dr. Papin; dog synes den ikke at have været brugt med Held til at frembringe noget Arbeide, førend at **Richard Trevethick** fra Camborne i Cornwallis, i Forening med **Vivian** fra samme Sted, erholdt i Aaret 1802 Patent for en Maskine, der siden ofte har været brugt og end bruges med stort Bifald, naar den er efter en liden Maalestok; dens almindelige Navn er **Trevethick's** Maskine.

Indretningen af en Høitryksmaskine er saa nær forbunden med Savery's og Papins (Fig. 119, Tavle XI.), at der synes at høre kun liden Opfindelses-Gave til at forandre een af disse, især den sidste, der har en nøiagtigen rund Stovle, til en saadan Maskine; thi blot behøve vi at anbringe, istedetfor den runde Træklods, som svømmer oven paa Vandet

(S. 225), et damptæt Stæmpel, da er Maskinen dannet; den Kraft, som vi have omtalt at trykke Vandet ned, virker nemlig nu til at trykke paa Stæmplet og afgiver saaledes en Bevægelse, som vi kunne forflytte fra eet eller andet Sted, hvor Arbeide kræves. Imidlertid, hvor let Overgangen fra de ældre Maskiner til Høitryksmaskinen synes at være, og, skjøndt Trevethick selv intet Krav gjør paa at have opfundet Høitryksmaskinen, bør vi dog, formedelst den høist simple og hensigtsmæssige Indretning, han gav samme, sætte hans Navn ved Siden af hvilkensomhelst af de store Mænd, der have enten opfundet eller væsentligen uddannet Dampmaskinen i Almindelighed. Hovedhensigten med hans Maskine var at danne den saa sammentrængt, let at flotte og fri for at bringes ved Flotning i Ulave, at den endog kunde anvendes for at bevæge Vogne paa Jernveie. Denne store Hensigt opnaaede han ogsaa, og der kan intet høiere Beviis være for Hensigtsmæssigheden af hans Plan end det, at siden 1812 har hans Maskine med Held været anvendt til Transport af Kul fra forskjellige Kulminer, Leeds, Wigan og Newcastle upon Tyne. En Vogn med en Dampmaskine, eller en saakaldet Damphest, har trukket efter sig paa en vandret Jernvei 30 Kulvogne, hver af Vægt 19 *Skl.* med en Hurtighed af $3\frac{1}{2}$ engelske Miil eller 3 Fjerdingvei dansk om Timen. Endnu mere Opsigt og Lykke gjorde Trevethick's Maskiner ved Anvendelsen i Sølvminerne i Peru, hvor flere Omstændigheder ledede til at foretrække dem for hver anden Indretning, der enten var saa stor, at den ikke kunde ad de slette Veie komme til sit Bestemmelsessted, eller krævede meget Vand o. s. v.

Fig. 140, Tavle XIII. udviser Indretningen af Trevethick's Dampmaskine fuldkommen istand til at arbeide som faststaaende. Skal den anvendes til selv at bevæge sig, er dens Indretning den samme, undtagen at den staaer paa 4 Hjul, af hvilke eet er Svinghjulet *hh*, som er afbildet i Figuren. Kjedlen er maaskee af alle den, der er bedst indrettet til at bespare Brændsel, ihvorvel man hidtil just ikke vover, for ikke at berøve den fornøden Sikkerhed, at gjøre den stor; den bestaaer af et støbt Jernrør *pr*, som sjeldent har en større Tværlinie

end $1\frac{1}{2}$ til 2 Alen og kan være 5 til 6 Alen langt, men, naar Maskinens Størrelse tillader det, er den ofte langt mindre. Naar Kjedlen er stor, maa den bestaae af flere Stykker og Ringe, vel sammenskruede og tættede i alle Fuger med Jernkit, saa at den overalt er aldeles luft- og damptæt; Enden ved *p* er støbt aldeles heel, men fortil ved *r* er Kjedlen lukket med en Plade *r*; hele Kjedlen hviler paa de fire stærke Fødder *sstt*, der gaae op fra det murede Grundlag *b*. Ilden lægges i et smedet Rør, der er af Skikkelse som en Hævert, og hvis to Been ligge vandret i det store Rør *pr*, begge Hævertens Ender støde imod den forreste Plade *r*, i den ene Ende er den saa stor, at den kan rumme Ildstedet og Askehullet *v*, tilligemed Stængerne, paa hvilke Ilden lægges indenfor Ildstedsdøren, den anden Ende gaaer op i Skorsteensrøret *uu*, som maa være saa høit, at Ilden kan faae sit rigelige Træk. Det store Rør er fyldt med Vand over det Øverste af det vandretliggende og forhen nævnede Ildrør, og *xx* ere Haner, der staae i forskjellige Høider for at udvise, hvor høit Vandet staaer. Saaledes maa al den Hede, der udstraaler fra Ildrøret, ja endog fra den hede Aske, meddeles Vandet, medens den frembragte Damp indesluttes foroven i det store Rør. En Sikkerhedsprop er anbragt i *z* og *ab* er en Qvikfølvprøver, i hvilken flyder den sædvanlige Jernstok, der angiver Qvikfølvets Høide; da Prøveren maa være 60 til 70 Tommer høi, eftersom den ofte kommer til at angive Spændkraften af Damp af flere Atmosphærer, er denne Stok ofte forbunden med en Tridse, saaledes at Qvikfølvhøiden kan sees paa en paa et bequemmere Sted anbragt Maalestok. Enhver Deel af Dampstøvlen er skjult i selve Kjedlen, undtagen det Øverste *c*, idet hele Støvlen staaer i det hede Vand og Dampen, og næsten naaer Bunden af det store Rør; foroven ved *c* er den heftet ved et Kryds. Paa denne Maade holdes Støvlen bestandigen af lige Hede med Dampen og Vandet; *e* er Stæmpelstangen, der, istedetfor at være forbunden med en Maskinbom, fører det T-dannede Stykke *ff*, som bevæger sig imellem to Ledere eller to udstaarne Stænger *gg*, *hh* er Svinghjulet, hvis Axel *i* gaaer igjennem de to Fødder *tt*; enhver af Enderne fører en

Krumtap, af hvilke to kun den ene kan sees i Figuren, denne staaer ved Stængerne *ll* i Forbindelse med T-Stykket. Eftersom Stæmplet gaaer op og ned, meddeles Svinghjulet omdreiende Bevægelse, og altsaa kan fra dets Axel en saadan forplantes til hvad Maskinerie, Dampmaskinen skal drive; men, skal derimod blot Bevægelse op og ned frembringes, skal f. Ex. Maskinen anvendes til at pumpe, da erholdes denne Bevægelse umiddelbart ved T-Stykket. Paa Grund af den Kraft, Dampen har i disse Maskiner, kan intet Sugerør anvendes, med mindre man gjorde det saa høit, at det vilde være til Besvær; Vand indbringes derfor i Kjedlen ved en liden Trykpumpe *m*, der drives af en Pumpestang *q*, som staaer i Forbindelse med Stangen *l*; dette Vand gaaer op i et Gjemme *n*, istedetfor umiddelbart i Kjedlen, og fra dette løber det ved Røret *o* ned i Kjedlen, saa at det kolde Vand ved at løbe den hele Længde bliver ophedet i den Grad, at det ikke qvæler Dampudviklingen.

Ved disse Maskiner bliver Dampen indladt og atter borttaget ved en Firegangs-Hane, af den Indretning, som forhen er beskreven. Denne er anbragt inden i Kjedlen ved det Øverste af Støvlen og dens Vægtstang bliver i rette Tid bevæget eller anslaaet med Tapper, der ere anbragte paa en liden Tapbom *P*, som staaer i Forbindelse og bevæges med T-Stykket; og, da en Drøvl er imellem Hanen og Kjedlen, kan Stæmplets Hurtighed styres med samme Lethed, som ved nogen anden Maskine. Forskjellen imellem denne og den fortættende Maskines Virkning bestaaer deri, at Dampen i Høitryks-Maskiner har langt større Kraft og virker imod Atmosphærens Tryk, istedetfor at den ved Lavtryks-Maskiner har ringere Kraft og virker mod det lufttomme Rum; i hine vil ikke let nogen Fortætning hurtigen kunne frembringes, da Høitryks-Dampen har en saa betydelig Hede; man lader derfor Dampen, saasnart den har gjort sin Gjerning under Stæmplet, undslippe, gjennem Firegangs-Hanen, ud i den frie Luft, medens Dampen virker paa den modsatte Side af Stæmplet. Inden Dampen gaaer ud i den frie Luft, ledes den i Almin-

delighed gjennem et Rør, som gaaer igjennem det kolde Vand, hvorved dette opvarmes, inden det gaaer ind i Kjedlen.

Af den givne Beskrivelse indsee vi, at Høitryks-Maskinen er en langt simplere, mere sammentrængt og mindre kostbar Maskine, end den fortættende Maskine, i hvilken Damp af en ringere Spændkraft virker mod et lufttomt Rum; det Eneste, der kan indvendes med Grund mod, at den almindeligen indføres, er den Fare, som man er udsat for ved Kjedlens Sprængen, og som næsten stedse, naar dette Tilfælde indtræffer, har høist sørgelige Følger. Imidlertid er det aldeles ingen Tvivl underkastet, at med Tiden, naar passende Materialier vælges til Kjedlen, og den gives den hensigtsmæssigste Form, vil Høitryks-Damp ligesaa trygt kunne anvendes, som Lavtryks-Damp; og man vil da finde Besparelse i Brændsel, eftersom Dampens Kraft tiltager i et hurtigere Forhold end den anvendte Brændsel. De Tilfælde, der ere indtrufne, hidrøre næsten alle enten fra at Kjedlen har været slet udarbeidet, eller forfærdiget af slette eller slet valgte Materialier og ikke har havt den rette Form. De, der kjende noget til Støbegods, ville vide, at det næsten er umuligt med Sikkerhed at kunne bestemme, om et stort, hult Kar, støbt i eet Stykke, overalt er lige tykt, stærkt og tæt, ihvorvel man nok tør paatage sig at frembringe mindre Kar, der nøiagtigen kunne udfylde disse Betingelser, og som man derfor med Bestemthed kan stole paa. En plan eller aldeles lige Flade er næsten den sletteste af alle for at modstaae Tryk, og just saadan en støbt Plade havde man valgt til at slutte Enden af den af Smedejern forfærdigede rørdannede Kjedel, der anvendtes paa Norwich-Dampbaaden, i hvilken for faa Aar siden, ved den engelske Kyst, Kjedlen sprang og afstedkom ved den Mængde Passagerer, der befandt sig ombord, en høist rædsom Ulykke. En rørdannet Kjedel med kugledannede Ender, eller endnu bedre, en kugledannet Kjedel er den, der vil udholde det største Tryk. Indtil man aldeles bliver Herre over den Svaghed, Kjedlen nu er underkastet, vil det være hensigtsmæssigt, ikke at gjøre Trevethick's Maskine i for stor Maalestok; thi, hvis Dampens Kraft bliver den samme, vil, da den nøiagtige og fornødne Forbindelse

imellem de enkelte Dele, hvad enten de ere støbte i eet, eller sammensatte, ikke saa let kan tilveiebringes ved den større, som ved den mindre Kjedel, hiin aldrig kunne udholde det med Kjedlens Størrelse i høi Grad forøgede Tryk. Skulle store Kjedler anvendes, da maae de kunstigen og med største Omhu sammensættes af mindre Dele og de seigeste Materialier udvælges, saasom tykke hamrede Jern- eller Kobberplader, hvilke, hvis de svigte, dog blot ville revne, medens støbt Jern formedelst dets Skjørhed springer til alle Sider. Man bør ogsaa anvende Opmærksomhed paa at sammensætte Materialier, som under lige Varmegrader ligeligen udvide og sammentrække sig, da deraf Fastheden af Figuren aldeles afhænger. Og man skulde ikke bruge nogen Kjedel af hvilkensomhelst Indretning, med mindre den var prøvet ved en Trykpumpe paa en Maade, som ved Bramah's Presse (S. 137), og denne Prøve havde godtgjort, at den kunde udholde et to til tre Gange saa stærkt Tryk, som det, den vil lide af den Damp, der skal frembringes inden i den; Trykkets Størrelse under Prøven vil den paa Sikkerhedsproppen anbragte Vægt udvise, eller ogsaa Qvikfølvprøveren.

Trevethick's Høitryksmaskine var den eneste, der i lang Tid anvendtes; men i Aaret 1804 erholdt Arthur Woolf, en Maskinbygger i Cornwallis, Patent paa en ny Maskine, som han dog ikke udførte før 1810, da Forandringerne og Forbedringerne ved samme vare saa store, at han var nødsaget at søge et nyt Patent. Denne nye Maskines Fuldkommenhed bestod imidlertid ikke egentligen i nogen Forbedring ved Indretningen, men i en ny Egenskab, som Woolf angav at have opdaget ved Dampen, og hvormed han var istand til at bruge den paa en ny Maade. Hans Maskine er just som Hornblower's, der er afbildet Fig. 139 og forhen beskreven (S. 279), det er derfor ikke fornødent at oplyse den ved nogen særskilt Figur. Forskjellen bestaaer blot i, at Hornblower's Maskine ikke viste sig virksom, da han, saalænge Watt og Boulton's Patent varede, ikke turde anvende Fortætningen paa deres Maade; Woolf forbandt derimod deres Fortætnings-Maade med det Princip, hvori, som vi have omtalt det (S. 273),

Watt og Boulton's sidste Forbedring bestod, nemlig at Damp, formedelst sin Spændighed, er istand til at udvide sig og saaledes virke i en Stovle, der endog ikke aldeles er fyldt af den.

Woolf udførte dette Princip langt videre end Watt, og fremsatte en Sætning, hvilken han stræbte at godtgjøre ved Forsøg, at saamange Pund, som Damptrykket er paa Qvadrattommen, just saamange Gange kan Dampen udvide sig og dog virke i denne udvidede Tilstand med en Spændkraft, lig Atmosphærens Tryk. F. Ex. hvis Dampen er istand til just at hæve Sikkerhedsproppen, der er betynget med 6 ℔ for hver Qvadrattommes Overflade, vil samme Damp, forudsat den beholder sin Varmegrad, indladt i et Kar 6 Gange saa stort, som det, hvoraf det er indesluttet, udvide sig og trykke lig Damp af een Atmosphære. Antage vi, at denne Sætning om Damp er rigtig, ville vi indsee, hvor fordeelagtigt Damp vil virke i en dobbelt Stovle, og heri bestaaer Indretningen af **Woolf's Dampmaskine.** Han bestemte at bruge Damp af 40 ℔'s Tryk paa hver Qvadrattomme, og at indlade denne gjennem Røret *c*, Fig. 139 Tavle XIII. i Stovlen *ab*, just paa samme Maade, som ved Hornblower's Maskine, der blot deri modtog en Forandring, at den anden Stovle gjordes langt større, end den første; thi, hvis Damp af 40 ℔'s Kraft kunde udvides 40 Gange og dog blive i denne Tilstand af lige Kraft med Atmosphærens Tryk, saa burde den anden Stovle ogsaa være 40 Gange saa stor, som den første. Men en Fortætnings-Maskine kræver dog stedse Damp, omtrent af 4 ℔'s større Kraft paa Qvadrattommen, end een Atmosphære, og følgeligen bør den anden Stovle ikke være aldeles 40 Gange saa stor, som den første. Har Maskinen en saadan Indretning, da indlades Damp i den første Stovle, hvor den vil virke med sin fulde Kraft af 40 ℔ paa hver Qvadrattomme af Stæmplet *n*, og drive dette fra neden op, siden indlades samme Damp i den større Stovle *ih*, og nedtrykker Stæmplet *o*, under hvilket paa sædvanlig Maade et lufttomt Rum er frembragt; til samme Tid er en ny Deel Damp af 40 ℔'s Kraft indladt over Stæmplet *n*, og driver dette altsaa ned, og dernæst atter i den større Stovle Stæmplet *o* op. Denne Ma-

skine bestaaer altsaa af en Høitryks-Maskine og en fortættende Maskine, forenede saaledes, at de virke begge med een Mængde Damp, ved hvilken to Stæmpler efterhaanden sættes i Bevægelse, men begge samtidigen gaae op eller ned, og saaledes virke med forenet Kraft.

Maskinbommen, Svinghjulet, Styrehaanden og forskjellige andre Dele ere anbragte ved denne Maskine, ligesom ved den sædvanlige Dampmaskine, hvorfor vi ikke behøve at anføre noget videre om dem. Men Woolf kjendte alt for vel Naturen af stærk Damp, til at han skulde vove at frembringe den i een af de store Kjedler, som almindeligen bruges, hvorfor han ogsaa opfandt en egen Kjedel, hvis Indretning udgjorde en Deel af hans Patents Gjenstand. Ved denne, som er aldeles af støbt Jern, anvender han saare passende Former, som have den største Styrke, idet ingen enkelt Deel stiller nogen stor Overflade blot for Dampens Paavirkning. Hans Kjedel bestaaer af forskjellige stærke Rør af omtrent 10 Tommers Vide og af en Længde, lig hele Ildstedets. De ere stillede ligeløbende ved Siden af hinanden i en noget hældende Retning, lidet over Ilden, og alles øverste Ender gaae op i et større Rør, der er anbragt over dem og tillige saaledes indmuret med de mindre Rør, at Ilden ogsaa kan virke forneden paa det store Rør. En Afbildning af denne Indretning er given i Fig. 141, hvor imidlertid Muren, der omgiver den, er udeladt: *aaa* ere de mindre hældende Rør, der ere anbragte over Ildristen *bb*; *cc* er det større Rør, i hvilket de mindre gaae ind med den øverste Ende. Det store Rør er omtrent halvt fyldt med Vand, der, som Følge heraf, løber ned i de smaae Rør, i hvilke ligesaavel som forneden i det større Rør Vandet koges; *d* er Mandhullet, gjennem hvilket Kjedlen undersøges og renses; *e* er Damprøret, ad hvilket Damp føres til Støvlerne, og *f* den betyngede Sikkerhedsprop. Dampen stiger, naar den er dannet i de nederste Rør, op igjennem Vandet i det store Rør og forbliver oven i dette, indtil den skal anvendes i Maskinen. For at lukke de nederste Ender af disse Rør og forene dem med det store Rør, ligesom paa andre Steder, anvender Woolf Forbindelsen med den saakaldte Svalerumpe, uden al Sam-

menskruen, hvilken Forbindelsesmaade er simpel, billig og ved Høitryksmaskinen saare hensigtsmæssig; thi den er saaledes indrettet, at, naar Delene engang ere forenede, er det umuligt, at de kunne skilles ad uden at sønderbrydes. Den Maade, Woolf anvendte for at sikkre sig, at Dampen i hans Støvle havde den rette Varmegrad, bestod i at lade Troien, eller det Mellemrum der er imellem Støvlen og det den omgivende Rør (S. 266), være Dampgangen, saaledes at Dampen gik fra Kjedlen ind i dette Mellemrum, og derfra ind i Støvlerne, der saaledes stedse holdtes ligesaa varme, som den indtrædende Damp. Man vil saaledes see, at denne talentfulde Mechaniker ikke sparede nogen Møie for at gjøre sin Maskine saa fuldkommen og saa tryg, som det kunde bestaae med Høitryks-Dampens Beskaffenhed. Det Forhold, som Woolf angav imellem Dampens Kraft og dens Udvidelse, blev betragtet af Alle som høist besynderligt; og senere og nøiagtige Forsøg have ogsaa godtgjort, at Udvidelsen ikke finder Sted i den Grad, som Woolf først angav, og at Forholdet af de to Støvler bør være langt mindre, end det, man først haabede at kunne anvende. Som Følge heraf kunne to Støvler ikke have saa ulige Størrelse, som man først ventede. Almindeligen gjøres den store Støvle 6 til 8 Gange saa stor, som den mindre, og dette Forhold synes at være det, der ved Woolf's Maskine med mindst Kulforbrug frembringer meest Kraft. Saaledes indrettede Maskiner have fornemmeligen været anvendte i Bjergværksegnene i Cornwallis, og neppe findes nogetsteds bedre Leilighed til at undersøge Fordelene ved dem, end just der, hvor Gruberne ere saa dybe, hvor man kjender saa nøie Maskinvæsenet, hvor man saa dristigt anvender Høitryks-Damp, og hvor saa rigelig Leilighed findes til at sammenligne dens Virksomhed med hvad Damp, der anvendes i andre Maskiner. Og, var Faren med hine Maskiner stor, da maatte just der hyppigen sørgelige Tilfælde være indtrufne.

Dog, uagtet alt, der saaledes kan siges og det med Rette til Forsvar for Høitryks-Maskinerne, vil Forfatteren, Professor **Millington**, ikke tilbageholde den Mening, at de ikke burde bruges, hvor Lavtryks- eller Fortætnings-Maskiner kunne an-

vendes. Vistnok er Besparelsen selv af en ringe Deel Brændsel i mange Tilfælde af stor Vigtighed, men dog Intet, naar de Arbeidere, der nødvendigviis bestandigen omgive Maskinen, komme i en, endog blot tænkelig, Livsfare. Vel staaer det ikke til at nægte, at disse Tilfælde indtræffe høist sjeldent, og at der kan anføres, at Lavtryks-Kjedlen, der er forfærdiget langt svagere, mere er udsat for Uheld ved Uagtsomhed med Ilden, end Høitryks-Maskinen, hvor der i høi Grad er taget Hensyn til at give dens Kjedel Styrke. Dog, er Lavtryks-Kjedlen indrettet paa den Maade, vi have beskrevet den, vil denne Paastand tildeels bortfalde; og, antage vi, at den ene er ligesaa tryg som den anden, vil Virkningen af Sprængningen bringe os til foretrække Lavtryks-Maskinen for Høitryks-Maskinen; thi en Lavtryks-Kjedels Sprængen udstrækker ikke let sin Virkning udenfor Kogehuset, hvori den befinder sig; medens en Høitryks-Kjedel udspreder Ødelæggelse til alle Sider. Dog dette gjælder kun nu, at Lavtryks-Maskinen har Fortrin for Høitryks-Maskinen; den sidste rodfæster sig alt mere og mere, og med videre og bedre Erfaringer vil den vel kunne bygges lige saa sikker og da blive ligesaa almindelig, som Lavtryks-Maskinen er; men, saalænge den endnu er i sin Barndom, bør Nødvendighed kun lede til dens Brug, og den bør ikke anvendes, hvor en Mængde Mennesker ideligen maae omringe den. I America anvendes Høitryks-Maskinen langt hyppigere end i England, og det er der ikke usædvanligt, at arbeide med Damp af 200 ℔'s Tryk paa Qvadrattommen. Maaskee er i vore Dage for Høitryks-Maskinen opstaaen en lignende Uddanner i Jacob Perkins, hvis betydelige og meget lovende Forsøg ere tilstrækkeligen berømte, som den, Lavtryks-Maskinen havde i den ærværdige James Watt.

Førend vi forlade denne Gjenstand om Dampmaskinen, maae vi tilføie nogle faa Bemærkninger over de Bestræbelser, man har gjort for at forbedre den ved at udelade Maskinbommen og umiddelbart frembringe en omdreiende Bevægelse ved Dampens Virkning uden at anvende nogen Krumtap. En saadan Indretning er vistnok høist ønskværdig, efterdi Maskinbommen og Stæmplet nødvendigviis i høi Grad maae besvære

Maskinen, ligesom ogsaa ved dem og de øvrige Dele en betydelig Rivningsmodstand opstaaer, hvilken ved hvert Slag skal overvindes. Ligesom altsaa hine Indretninger betydeligen forøge Udgiften ved Anskaffelsen og Vedligeholdelsen, saaledes vil ogsaa Maskinen ikke kunne udøve den fulde Kraft, som Brændselsforbruget maatte kunne afgive. Dog alle de Forsøg, man har gjort, have hidtil været uden Følge, eller i det Mindste have saamange Vanskeligheder viist sig i Udførelsen, at dette Slags Maskiner aldeles ikke ere blevne almindelige; thi den Rivningsmodstand, de ere underkastede, og Vanskeligheden, at holde Udforingen damptæt, have viist sig som Hindringer, der aldeles overveie den Fordeel, som man kunde vente sig. Saaledes have Vanskelighederne, der følge denne Indretning af Maskinen, hidtil været saa store, at man kun tør nære ringe Haab om, at den nogensinde vil bringes til en saadan Fuldkommenhed, at den vil overgaae eller endog blot lade sig sammenligne med Maskinen med den op- og nedgaaende Bevægelse. Dog kunde det være muligt, at ved en eiendommelig og hidtil ubekjendt Maade de indvendige Dele kunde bringes til at slutte, og at herved det Væsentlige, der har været Maskinen til Hinder, kunde afhjælpes; vi have seet ved Dampmaskinen saamange Prøver paa menneskeligt Genie og Opfindelsesaand, at vi ikke tør mistvivle om, at den jo fremdeles kan uddannes til et Punct, vi ligesaa lidet nu tør forudsige eller haabe, som vore Forfædre nogensinde kunde ahne, at Dampens Kraft, for dem næsten aldeles ukjendt eller uanvendelig, skulde være den, man tyede til, naar enhver anden Kraft svigtede.

De fleste Maskiner af denne Indretning, som have været bragte i Forslag, bestaae af Skovler eller Klapper af Metal, der ere hæftede til en Axel, der bevæger sig inden i en nøiagtigen boret Tromle eller Støvle, paa samme Maade, som Pumpen, der er afbildet Fig. 106, Tavle IX. Hvis ved denne Figur, Dampen gik i en Retning, modsat den, i hvilken vi have antaget, at Vandet gik (S. 188), nemlig indad Røret f og derfra lodes ind i Tromlen ad, saa vilde den drive Axlen eller den midterste Valse b rundt, indtil den kunde undslippe ad det nederste Rør e; men, førend dette kunde skee, vil en an-

den Klap have stillet sig for Dampen, der stedse trænger ind ad *f*, og derved den indvendige Valse fremdeles dreies rundt; denne Maskine blev saaledes uden Fortætning og lod sig altsaa sammenligne med en Høitryks-Maskine. Med ringe Forandringer kan det samme Middel anvendes til at frembringe et lufttomt Rum paa den ene Side af Klappen, medens Dampen virker paa den anden Side, og til saaledes at frembringe en Lavtryks-Maskine. Dog den store Vanskelighed, der møder alle Maskiner af denne Indretning, er den, at holde Udforingen eller det, der bringer Klapperne til at slutte, fri for Slid, idet Klapperne gaae forbi Aabningerne fra Tromlen ind til Rørene, der lede Damp fra og til Tromlen, og tillige at formindske den store Rivningsmodstand mod Siderne af Tromlen, og dog overalt holde Klapperne damptætte. Watt, Hornblower og Flere, efterat have gjort mange forskjellige Forsøg, og givet Maskinen høist forskjellige Skikkelser, have maattet opgive den hele Indretning. En anden Maade at frembringe omdreiende Bevægelse ved Damp er at indrette et stort Hjul med huul Axel og hule Eger, hvorigjennem Dampen kan gaae. Dampen gaaer ind ad den ene Ende af Axlen, op i een af Egerne og kommer saaledes ind i den hule Hjulkrands, der efter sin Bestemmelse halvt skal fyldes med Qvikſølv eller et Metal, som smelter ved lavere Varme end Dampens Hede; heri bestod Onions's Patent; senere angav Masterman forskjellige Forbedringer og anvendte Vand til samme Brug. Hjulkrandsen har to Klapper, hinanden modsatte, men som aabne sig indvendigen til samme Side; ved at Dampen indlades imellem en Klap og den i Hjulet sig befindende flydende Materie, nøder den denne til at hæve sig og gaae igjennem den følgende Klap, hvorved Hjulet bliver tungere paa den ene Side end paa den anden; altsaa maa det dreie sig noget rundt, hvorved Hanerne eller Klapperne, hvoraf Dampens Retning styres eller forandres, blive aabnede og Dampen, der allerede er i Hjulet, uddreven gjennem een af de andre Eger og den modsatte Ende af den hule Hjulaxel, medens en ny indladt Mængde Damp driver den i Hjulet værende Vædske fremdeles op. Onions opdagede en mærkelig Egenskab ved

det let smeltelige Metal, at dette udvidede sig betydeligen, ligesom Vand, der bliver til Is, i det Øieblik, det bliv fast, og man maatte, for at Hjulet ikke skulde sprænges, aldrig lade det komme i denne Tilstand. Masterman's Indretning er nøiagtigen af samme Natur, hvorfor vi ikke udførligere behøve at beskrive den. Man kan nævne mange andre Opfindelser for at frembringe omdreiende Bevægelse, f. Ex.: Sadler's, der lod Damp udstrømme og virke paa samme Maade, som Vandet i Centrifugalmøllen (S. 201), Donkin's og Congreve's, der vilde anvende et Hjul, som et Vandhjul o. s. v.; men, da ingen af alle disse Opfindelser ere modtagne med det Bifald, at de ere blevne anvendte i Manufacturer, maa man tildeels antage, at de ikke ere saa hensigtsmæssige, som de sædvanlige Maskiner, hvorfor vi ikke heller have troet her at burde dvæle ved disses særegne Indretninger.

Hvor vidtløftig end denne Artikel om Dampmaskinen er bleven, er det dog langt fra at alle de forskjellige Forandringer, som Tid efter anden ere anbragte, endog kun ere nævnede, kun ere de vigtigste fremsatte, af hvilke som oftest den ene ledede til den anden, og saaledes have vi, ved at omtale de ældre, ofte tydeligere kunnet fremsætte de nyere og derved give en muligst fuldstændig Fremstilling af den nærværende Beskaffenhed af Dampmaskinen. Vi have blot endnu nogle faa Bemærkninger at gjøre om Dampmaskinens Kraft og den Maade, paa hvilken denne anslaaes og beregnes.

Af den ovenstaaende Beskrivelse følger, at den Kraft, med hvilken en Maskine bevæger sig, maa afhænge af Dampens Kraft og Størrelse eller Overfladen af Stæmplet, hvorpaa den virker; kjende vi saaledes Overfladen i Qvadrattommer, og vi enten ved Spændkraftmaaleren eller ved en anden Indretning kjende Trykket af Dampen paa hver Qvadrattomme, da er Resultatet høist simpelt at finde; thi vi multiplicere blot Dampens Tryk paa Qvadrattommen, udtrykt i Pund, med det Antal Qvadrattommer, Stæmplet indeholder, og da have vi Kraften ligeledes udtrykt i Pund. Hvis saaledes Stæmplet af den enkeltvirkende Maskine (S. 246) er af en Tværlinie af 54 Tommer, saa er dets Fladeindhold 2290 Qvadrattommer;

antage vi nu endvidere, at Fortætterens Barometer (S. 271) udviser, at inden i denne, eller under Stæmplet findes et fuldkomment lufttomt Rum, og at Kjedlens Dampprøver viser 2 Tommer, saa er det Tegn, at Dampens Tryk er paa Qvadrattommen 2 ℔ mere end Atmosphærens Tryk; stod nu tillige en sædvanlig Lufttrykmaaler paa 28 Tommers Høide, og Lufttrykket altsaa var over 14 ℔, saa var Dampens hele Tryk mod det lufttomme Rum 16 ℔, følgeligen det hele Tryk paa Stæmplet 36 640 ℔, eller 114½ Skp. Denne store Kraft er imidlertid ikke anvendelig, eller den, hvormed man formedelst Dampmaskinen kan vente at sætte Maskinerie i Gang; thi, formedelst den Ufuldkommenhed, endog det bedste Arbeide stedse har, formedelst den lille Deel Damp, der stedse forbliver ufortættet tilbage i Rørene, Rivningsmodstanden af Stæmplerne og Ligegyldigheden mod Forandringerne af Bevægelse, vil selv hos den meest fuldkomne Dampmaskine, dens anvendelige Kraft være langt mindre og kan ikke regnes mere end til det Halve eller 7 til 8 ℔ paa Qvadrattommen. Ved store Maskiner er Rivningsmodstanden forholdsmæssigen mindre, og følgeligen kan man regne noget mere, men ved mindre Maskiner noget mindre; vi turde saaledes ved den omtalte Maskine ikke antage den anvendelige Kraft, eller den Kraft, hvormed den f. Ex. kunde drive Pumper, høiere end omtrent 60 Skp. Vi indsee saaledes, hvormeget der tabes ved Rivningsmodstanden og hvor fordeelagtigt det vilde være, om man kunde befrie Maskinen for Bommen, Krumtappen, Svinghjulet, Luftpumpen og det kolde Vands Pumpe, eller Alt, som atter frembringer Rivning og Modstand, og det er ogsaa Grunden, hvorfor man af enhver Maskine med umiddelbart omdreiende Bevægelse stedse lover sig meget, og hvorfor en saadan, naar den udholdt Prøve, vilde være af største Vigtighed. Ligeledes udlede Høitryks-Maskinerne deres Hovedfortrin fra samme Omstændigheder, thi uden at tale om, at disse i det Hele ere simplere, ere alle Dele, der ere i Gang, mindre og altsaa deres Rivning mindre; og, var selv ikke dette Tilfældet, vilde dog Rivningen stedse, i Forhold til den større Kraft af Dampen, være mindre. Hvis saaledes en fortættende Maskine, der gaaer med et Tryk

af 14 ℔ paa Qvadrattommen, taber 7 ℔, saa er dette det Halve; men drives samme ved Damp af 40 ℔'s Tryk, er, hvis Tabet ogsaa kun er 7 ℔, dette kun lidet over en Sjettedeel.

Ved saaledes at undersøge Lufttrykmaaleren og Dampproveren kan den Kraft, der virker paa et Stæmpel, bestemmes, og omvendt, hvis vi kjende Lasten, der skal overvindes, ville vi, naar vi gjøre det fornødne Tillæg af Rivningsmodstanden og hvad andet Tab, der er, bestemme Størrelsen af Stæmplet; men, ifølge det, der forhen er sagt om Virkekraften eller Momentet (S. 38), indsee vi, at først, naar vi tillige tage Hensyn til Hurtigheden i Forbindelse med Trykket, erholde vi et bestemt Begreb om, hvad en Dampmaskine kan udrette. I Begyndelsen, da Dampmaskiner indførtes, sattes de i Almindelighed istedetfor Hestegange, og altsaa, dersom en Mølle var dreven af to eller flere Heste, blev det nødvendigt at oprette en Dampmaskine, der just gjorde ligesaa mange Hestes Arbeide; var den for stor, da spildtes Brændsel, var den for liden, da udrettede den ikke, hvad den burde. Saaledes blev det sædvanligt, at anslaae Maskinen efter **Hestekraft**, en Skik, som, hvor ubestemt den er, og hvor unøiagtigt den udtrykker hvad den burde, dog har næsten almindeligen vedligeholdt sig lige indtil vor Tid. De største Mechanikere ere aldeles ikke enige om, hvad en Hests virkelige Kraft er, eller hvad der skulde kaldes **een Hests Kraft**, ei heller er det rimeligt, at man derom bliver enig, da Hestens Alder, Størrelse, Sundhed, Bygningsmaade, Fodring, Clima og Stilling, hvori den arbeider, have stor Indflydelse paa hvad den formaaer at udrette. Vi kunne saaledes blot gjøre et Overslag, der i Nøiagtighed ingenlunde staaer i Sammenligning med det, man ellers kan angive ved mere fuldkomne Maskiner. **Smeaton**, hvis Undersøgelser og store Praxis, som Maskinbygger, ere nokſom bekjendte, anslaaer een Hests Kraft til at den kan hæve 22 916 ℔ een Fod høit i eet Minut, og at den saaledes kan arbeide 8 Timer om Dagen; **Desaguliers** anslaaer 27500 ℔, og **Watt** og **Boulton** 32 000 ℔; overføres dette sidste til dansk Maal, da faae vi 28221 danske Pund hævede i eet Minut een dansk Fod. Ved at bevæge Lasten forstaae vi, at den

bevæges ved Stæmplet, og følgeligen, dersom Stæmpelstangen var belæsset med 28221 ℔, og hævede disse een Fod i eet Minut, da vilde vi, overensstemmende med Watt og Boulton's Bestemmelse, kalde Maskinen en Een-Heste-Maskine. Ingen Maskine gaaer imidlertid saa langsomt, men ifølge utallige Forsøg har man fundet en Hurtighed af omtrent 200 danske Fod i Minutet at være tjenligst for Maskinen; paa Grund heraf gjøre smaae Maskiner langt flere Slag end store; thi antage vi en liden dobbeltvirkende Maskine, i hvilken Stæmplets Vei er 2 Fod, og Stæmplet altsaa ved hvert Slag op og ned bevæger sig i Alt 4 Fod, saa maa den gjøre 50 Slag i eet Minut for at gjennemløbe 200 Fod; medens en større Maskine, i hvilken Stæmplets Vei var 10 Fod, kun gjør i Minutet 20 Skifter eller gjør 10 Slag op og ned. Da saaledes en Een-Heste-Maskine bevæger 200 Fod i Minutet, saa fører den kun $\frac{1}{282}$ af den forrige Last eller omtrent 140 ℔; thi 140 ℔, bevægede 200 Fod i eet Minut, er det Samme, som 28000 ℔ bevægede een Fod i samme Tid. Hvis vi derfor kunne bestemme, hvad Last en Maskine i en vis Tid hæver til en vis Høide, bliver det let af hvad, der saaledes opgives, ved at dividere med Watt's og Boulton's Angivelse, 28000 ℔ een Fod i eet Minut, at finde hvad Hestekraft Maskinen er af.

Naar vi tale om Maskiner efter Hestekraft, saa giver dette vel et fatteligere Begreb end de Tal, som angive den Vægt, der lader sig i en vis Tid hæve til en vis Høide; men hiin Maade er derhos langt mindre nøiagtig og videnskabelig og bruges derfor ogsaa nu mindre hyppigt, end forhen. Thi da Hesten ikke har noget at gjøre med Maskinen eller dens Eier, og denne maa anslaae den Kraft, han vinder, efter Udgifterne, saa er for ham den eneste og rigtige Maade at sammenligne hvad Brændselen koster og Renterne af Driftscapitalen, der stikker i Maskinen, med hvad Arbeide den udretter, og herefter kan Enhver i Forbindelse med andre særegne Forhold bestemme, hvorvidt en Dampmaskine kan være ham fordeelagtig; han veed, at hans Arbeide kræver saa mange Mennesker eller Heste; han kan udregne Daglønnen eller hvad Hestene koste at anskaffe og underholde; herimod beregne han

Udlægget af Dampmaskinen, hvad Kul den bruger, og see om Renterne af Udlægget og Kulpriserne paa Stedet ere saadanne, at Dampmaskinen staaer til at anbefale. Under denne Beregning behøve vi ingen Hensyn at tage til Tiden; thi, følge vi Watt's og Boulton's Angivelse, vil 48 ℔ eller een Bushel Newcastle Kul, brugt paa fordeelagtigste Maade, i een af deres dobbeltvirkende fortættende Maskiner, hæve 30 Millioner ℔ een Fod i Veiret, eller indføres dansk Vægt og Maal vil herefter een Tønde Kul kunne hæve næsten 126 Millioner danske ℔, een dansk Fod i Veiret; herved kommer ikke heller Maskinens Kraft i Betragtning; thi een Tønde Kul vil vare dobbelt saalænge under en 10-Heste-Maskine, som under en 20-Heste-Maskine. En anden Bestemmelse giver endnu følgende: een Bushel Kul formaaer at male og sigte 11 Bushels Hvede, eller efter dansk Maal een Tønde Kul maler og sigter 13 Tdr. $3\frac{1}{2}$ Skp. Til Bestyrkelse af denne Beregning kan anføres følgende Exempel: Møllebygger Penn i Greenwich har opført for Hr. Ritchie sammesteds en Mølle, der drives af en Dampmaskine, som er en dobbeltvirkende og fortættende; Støvlen er af 2 Fods Tværlinie, Stæmplets Vei er 5 Fod, og det gjør 22 Slag op og ned i Minutet, eller i Alt hvert Minut 220 Fod; Dampen, hvormed den gaaer, er 4 ℔ paa Qvadrattommen; Maskinen er saaledes en 20-Heste-Maskine; den formaler 400 Bushels Hvede med 36 Bushels Kul, altsaa lidet over det angivne, eller med hver Tønde Kul imellem 13 og 14 Tdr. Hvede. Dersom man i Fortætteren kunde frembringe et fuldkomment lufttomt Rum, vilde man langt snarere kunne gjøre Regning paa Dampens fulde Virkning; men, da vi ikke engang ved de fine Maskiner, vi bruge til Forsøg, kunne bringe dette fuldkomment tilveie, maae vi langt mindre vente det med et Maskinerie, som nødvendigviis for Styrkens Skyld her maa gjøres grovere. Vi kunne derfor ikke regne større Tryk end 10 til 12 ℔ paa Qvadrattommen; ofte gaaer en Maskine, naar den kun har let Arbeide, med et Damptryk, mindre end Lufttrykket; f. Ex.: hvis Damptrykket er 2 ℔ under Atmosphærens Tryk, og det lufttomme Rum saa fuldkomment, at Lufttrykket er 12 ℔ paa hver Qvadrattomme af et

Stæmpel, under hvilket saadant lufttomt Rum er, saa er Damptrykket kun 10 ℔, og hermed kan Maskinen ret vel gaae; men, da i dette Tilfælde Kjedlen tildeels er tom, vil Luften trykke udvendigen, og man har Exempler paa, at den har sammenknuget Kjedlen. For at forekomme saadanne Tilfælde, er en liden, med Fjeder forsynet, Prop anbragt oven i Kjedlen og saaledes indrettet, at den gaaer indad; Luft vil nu af denne indlades og altsaa den fornødne Ligevægt bringes tilveie.

Med Hensyn til den Kulmængde, der bruges til Maskiner, anslaaede efter Hestekraft, regnes een Bushel Kul i Almindelighed at erstatte een Hests Arbeide i een Dag, regnet til 8 Timer, een Bushel kan anslaaes til 1¾ Skp. dansk. Dette har været anseet af Mange som utilstrækkeligt og ved smaae Maskiner er det maaskee ogsaa for lidet. Millington har imidlertid havt Leilighed at gjøre en meget fuldstændig Prove ved de forhen omtalte York Building's Water-Works (Villiers-street, Strand), i London, hvor for faa Aar siden en Maskine, efter Watt's og Boulton's bedste Indretning, er bleven opført. Proven er anstillet et heelt Aar, og i denne Tid forbrændtes der 19 700 Bushels Kul; det var en 60-Heste-Maskine, og gik 8 Timer dagligt alle Dagene i Ugen, Søndag undtagen, da der altsaa er 313 Arbeidsdage i Aaret, vilde Forbruget af 60 Bushels Kul dagligen give 18780 Bushels; der var saaledes brugt 920 Bushels formeget; men, da Maskinen kun gik 8 Timer dagligen og Ilden aldrig slukkedes, men brændte gandske svagt om Natten og Søndagen for at vedligeholde Kjedlernes Varme og kunne sætte Maskinen i Gang, om Ildløs pludseligen udbrød i det Qvarteer af Byen, saa kunne vi godt forklare os, hvorledes de 920 Bushels ere medgaaede. En nogenlunde stor Maskine, som arbeider uafladeligen, hvilket stedse er fordeelagtigst, vil altsaa for hver Hest kunne nøies med een Bushel Kul i 8 Timer.

Hvad der kan udrettes ved Paapassenhed med Ilden, er tilstrækkeligen indlysende ved den Forandring, der er bleven indført i Bjergsværks-Districterne i Cornwallis ved at en Overopsynsmand er bleven ansat over Maskinerne der. Ved en Overeenskomst imellem Bjergværks-Eierne bleve Thomas og John Lean

for nogle Aar siden ansatte som Opsynsmænd over alle Dampmaskiner i et temmeligen vidtloftigt District, som Følge heraf opstod imellem Arbeiderne en Kappelyst, man aldrig tilforn havde kjendt, og som ledede til de heldigste Resultater for deres Driftsherrer; saaledes var i Begyndelsen af dette Opsyn i Augustmaaned 1811 det, der udrettedes af 8 Maskiner, med hver Bushel Kul i Gjennemsnit 15760000 ℔, hævede een Fod i Høiden; i December 1813 holdtes Opsyn med 29 Maskiner, der dog alle havde den sædvanlige Indretning, og da hævede een Bushel Kul 20162000 ℔, senere have endog i enkelte Maaneder Maskinerne i Gjennemsnit udrettet mere, nemlig hævet over 21 Millioner Pund, saa at ene ved det omhyggeligere Tilsyn med Ilden er hævet af hver Bushel Kul 5 Millioner Pund eller $\frac{1}{3}$ mere end forhen.

Den Omhyggelighed, hvormed disse eedsvorne Angivelser ere affattede, den Anseelse, Thomas og John Lean nøde, og den Stadfæstelse, deres Udsagn have erholdt af Bjergværks-Eierne, tale tilstrækkeligen for disse Tals Rigtighed, saa meget mere som de udførlige Lister ere ved Trykken bekjendtgjorte og omdeelte, og Udtog af dem siden optagne i de engelske Tidsskrifter, uden at Nogen har modsagt dem. Ved samme Opsyn blev ogsaa Fordelen af Woolf's Maskine godtgjort; thi fra Aaret 1815 opreistes to store Maskiner af hans Indretning i Minerne **Wheal Vor** og **Wheal Abraham** i Cornwallis, og, ifølge Lean's Angivelse, hævede disse med hver Bushel Kul 50 Millioner ℔ een Fod, altsaa overtraf i det Mindste i deres store Maalestok alle de andre Maskiner. Ligeledes er Lean's Beretning til Underhuset i Aaret 1818 i høieste Grad fordeelagtig for Woolf's Maskine.

Dette er Beretningen om Dampmaskinen i dens nærværende Skikkelse; men hvad dens tilkommende Historieskriver kan fremsætte om dens Tilstand og Virksomhed formaaer ene Tiden at opklare. At ville give en Fortegnelse paa alle de Ting, hvortil den anvendes, vilde være at give en Fortegnelse næsten paa alle Kunster og Manufacturer, og denne Liste maatte vi aarligen forøge. Eet Sted finde vi den tomme Bjerggruben i Jordens Skjød, et andet Sted trodser den Vindene og

bringer vore Varer, Efterretninger og os selv over Verdenshavet med en Tryghed og Nøiagtighed, man vilde forhen have anseet for fabelagtig; det Brød, vi nære os af, de Klæder, vi bære, det Huusgeraad, vi trænge til, ja Trykningen af vore Bøger, Forfærdigelsen af Papiret til samme, den Hurtighed, hvormed vore Dagblade trykkes, ere Frugter af denne tusindfold anvendelige Kraft. Betragte vi, at saa svag en Skabning, som Mennesket, kan bygge og styre en Maskine, hvis Kraft er større end 1000 paa eengang forspændte Hestes, saaledes som den, der bruges i Chasewater-Gruben i Cornwallis, og det ene ved at kjende og eftergrandske Naturens Love, da vil vistnok Ingen anseе den Tid, han offrede til Naturlærens Studium spildt, selv om kun dette eneste Exempel kunde anføres. Og dog er maaskee denne Kundskabs Anvendelse til Maskiners Indretning dens ringeste Frugt; det er den samme Kundskab, hvis Erhvervelse har skjærpet vor Tænkeevne, der har ladet os kjende Naturens ophøiede Herres store og, kun i deres Virkninger, for Mennesket begribelige Egenskaber.

Register.

Side.

Absolut Bevægelse .... 13.
Abichs og Zimmermanns Forsøg om Vandets Sammentrykkelighed ..... 128.
Acetometer ..... 155.
Aerostatisk Lampe ..... 143.
Afdøiningsredskab ..... 16.
Akustik (Lydlære) ..... 116.
Alen dansk, Qvadratalen .. 35.
Ambolt i Øret ..... 121.
Amontons Ildmølle .... 224.
Anemometer (Vindmaaler) . 114.
Anemoskop (Vindfløi) ... 114.
Anvendelse af Luftskibet i Krigen ..... 112.
Apothekervægt ..... 36.
Aquæducter (Vandledninger) 141.
Aragos og Biots Forsøg om Luftens Vægt ..... 89.
Archimedes 148; hans Skrue 172.
Aræometer (Flydevægt) .. 153.
Atmosphære 83; Damp af een 205.
Atmosphærisk Dampmaskine 227.
Atwood's Faldmaskine ... 19.

Bacon 1; Forsøg om Vandets Usammentrykkelighed 127.
Barker's Centrifugal-Mølle 201.
Barometer 94; Hævert- 97; Hook's Hjul- 98; Huyghens Dobbelt-, Diagonal- 99; Reise- 100; paa Dampmaskinen ..... 271.
Been, rundagtigt ..... 121.
Beighton's Ild- eller Dampmaskine ..... 231.
Belier hydraulique (Vandvædderen) ..... 190.
Bell-crank-engine (Klokkekræ-Maskine) ..... 270.
Beregning af en Maskines Kraft 75; af en Dampmaskines Kraft efter Heste, af Smeaton, Desaguliers, Watt og Boulton 296; af en Dampmaskines Kraft efter Brændselforbruget .. 297.
Beregningsmaaden for at udfinde Høider efter de iagttagne Barometerhøider . 96.
Bestandighed Materiens .. 4.
Bestemme Vægtfylden af Legemer 147; af lette 149; af Vædsker ..... 151.
— af Gasse ..... 157.
Bettancourt ..... 205.
Bevægelighed, Materiens . 5.
Bevægelse, absolut 13; relativ 14; dens Love 14; af Jordens Overflade under Kjøbenhavns Brede 23; af Vædsker 159; af Vand 162; af Vand i Rør 163; ved Vand ..... 195.
Bevægelseslære, Vandets 127, 159.

Side.

Bevægelse, ombreiende paa Dampmaskiner . . . . . 234.
Bevægelses-Indretning, ligelobende . . . . . 251.
Biots og Aragos Forsøg om Luftens Vægt 89; hans Luftreise 112; Forsøg med Lydens Forplantelse . . . 118.
Bismer 50; Fjeder- . . . . 84.
Black . . . . . 211, 236.
Blakey's Dampmaskine . . 226.
Blok 63; White's 65; Garnett's, Shuldham's og Smeaton's . . . . . 66.
Blow-valve (Blæseprop) . 271.
Blæsende Instrumenter . . . 125.
Blæseprop . . . . . 271.
Boaz . . . . . 226.
Bom paa Dampmaskinen 228, 269.
Bouguers Forsøg om Jordens Tiltrækning . . . . . 17.
Boulton 194; forener sig med Watt . . . . . 255.
Boyle's Vacuum . . . . . 94.
Bramah's hydrauliske Presse 137; Brandsprøite 187; Forandring ved Firegangs-Hanen . . . . . 278.
Branca's Forsøg med at anvende Damp . . . . . 210.
Brandsprøite 185; Bramah's 187.
Brysthjul . . . . . 198, 199.
Busby . . . . . 169.
Bærevægtstang . . . . . 47, 51.

Canaler, halvcirkelformede 121.
Cantons Forsøg om Vandets Sammentrykkelighed . . . 128.
Cartwright's Dampstempel . 268.
Cavendish's Forsøg om Jordens Tiltrækning . . . . . 17.

Side.

Cawley . . . . . 227.
Celsius's Thermometer . . . 211.
Central-Kræfter; Centripetal-, Centrifugal-Kraft . 24.
Centrifugal-Molle . . . . . 201.
Centrifugal-Pumpe . . . . . 189.
Charles . . . . . 110, 112.
Charliere . . . . . 110, 111.
Chemiske Egenskaber, Materiens . . . . . 2.
Chinesernes Forbindelse af Vægtstænger . . . . . 55.
Chronometer . . . . . 29.
Clarke's Flydevægt . . . . . 154.
Commando-Vandspring 142, 143.
Compenseret Pendul . . . . 27.
Compressions Maskine . . . 128.
Condamines Forsøg om Jordens Tiltrækning . . . . . 17.
Condensator (Fortætter) . . 239.
Condenser (Fortætter) . . . 239.
Congreve . . . . . 294.
Consonerende Toneforhold . 124.
Cubikmaal . . . . . 32.
Cuthberson's Luftpumpe . . 88.

Dalton . . . . . 205.
Damp, Forskjel fra Luft 84; fra Gasse 211; af een Atmosphære 205; anvendes af Branca 210; Fortætning 210.
Dampbaad . . . . . 197.
Dampens Kraft 205; Prøver 207; Wollaston's Indretning til at vise den 213; Morland's Forsøg dermed 217.
Dampens Tryk, Tabel derover 206; Tryk paa Kjedlen 206; mindre end Lufttrykket . . . . . 298.
Damphanen . . . . . 241.

Side.
Dampheft . . . . . 283.
Dampkjedel, Dampens Tryk derpaa 206; Sprængning 208; efter Smeatons Anviisning, Vognkjedel 233; i Trevethicks Maskine 283; i Woolf's . . . . . 289.
Dampmaskine 203; Worcester's 214, 215; kjendt af Morland 217; Savery's 217; Papins 224; Blakey's, Newcomen's 226; atmosphæriske 227; Beighton's 231; Watt's 240; enkeltvirkende 244; dobbeltvirkende 247; Klokkeknæmaskine 270; Hornblower's 279; Høitryks- 281; Trevethick's 282; Woolf's 287; omdreiende 291; Onions's 293; Masterman's, Sadler's, Donkin's, Congreve's . . . . . 294.
Dampmaskinen at sætte i Gang 271.
Dampmaskinens Kraft, hvoraf afhænger 294; hvorledes beregnes 296, 297.
Dampmaskinens Kulforbrug 299.
Dampprop . . . . . 241.
Damprør . . . . . 241, 261.
Dampstæmpel 241, 267; Cartwright's og Woolf's . . . 268.
Dampstøvle . . . . . 241, 266.
Daniell's Hygrometer . . . 102.
Dansk Maal og Vægt . 31, 32.
Dansk Alen . . . . . 31.
Dansk Pund . . . . . 32.
Decimalmaal . . . . . 31.
Deelbarhed, Materiens . . . 3.
Delemaskine . . . . . 73.
Desaguliers 223; Beregning af Dampmaskinens Hestekraft . . . . . 296.
Diagonalbarometer . . . . . 99.
Digestor . . . . . 224.
Disonerende Toneforhold . 124.
Dobbelbarometer af Huyghens 99.
Dobbelkegle . . . . . 43.
Dobbel-Skrue . . . . . 72.
Dobbeltstøvlet Luftpumpe . 88.
Dobbeltvirkende Dampmaskine . . . . . 247.
Drev, Stokkedrev . . . . . 60.
Drøvl paa Dampmaskinen . 261.
Dug . . . . . 105.
Dunsters Forskjel fra Luft . 84.
Dunstkreds . . . . . 83.
Duodecimalmaal . . . . . 31.
Dybders, utilgjængelige, Udmaaling . . . . . 18.
Dyb Tone . . . . . 123.
Dykkerlodder . . . . . 275.
Dæmper, selvstyrende . . . . 258.

Eccentrisk Pumpe . . . . . 187.
Echappement . . . . 25, 30 Anm.
Echo . . . . . 118.
Eenarmet Vægtstang . . . . 47.
Eenklang . . . . . 124.
Egenskaber, chemiske, Materiens . . . . . 2.
Egenskaber, mechaniske, Luftens 83; Materiens . . . 2, 3.
Elementer . . . . . 2.
Engelsk Maal og Vægt . . 36.
Englefield's Reisebarometer 100.
Enkelt Pendul . . . . . 10.
Enkeltvirkende Dampmaskine 244.
étalon . . . . . 30.
Eustachisk Rør . . . . . 122.

Side.

Fahrenheit's Thermometer 211.
Faldende Legemers Hurtighed 17; sammenlignet med ligedannede Trekanter . . 19.
Faldmaskine, Atwood's . . . 19.
Fast Tridse . . . . . 63.
Farvemusik . . . . . 126.
Farvemølle . . . . . 79.
Feed-pipe (Sugerør) . . . 256.
Fire-engine (Brandsprøite) 217.
Firegangs-Hanen . . . . . 247.
Fitzgerald's ombreiende Bevægelse i Dampmaskinen 234.
Fiteerbæger . . . . . 169.
Fjeder . . . . . 80, 81.
Fjederbismer . . . . . 84.
Fjedrens Virkemaade i Lommeuhre . . . . . 62.
Fladgjænget Skrue . . . . . 72.
Flaske, Tusind-Grans . . . . 152.
Flodernes Næring . . . . . 159.
Florentinsk Forsøg om Vandets Usammentrykkelighed 127.
Flydende Legemer . . . . . 11.
Flydevægt 153; Clark's, Sikes's, Qvin's, Jones's . . 154.
Flydevægtskaal, Tralles's . . 156.
Fodklap . . . . . 242.
Fontainer . . . . . 142.
Forandring, Luftens, Aarsag dertil . . . . . 101.
Forcing-pump (Trykpumpe) 181.
Fordunstning i Atmosphæren 160.
Forenede Vægtstænger . . . 53.
Forgaarden i Øret . . . . . 121.
Fortin's Luftpumpe . . . . 88.
Fortætning af Luften . . . . 210.
Fortætter . . . . 239, 242, 270.
Four-way-cock (Firegangs-Hanen . . . . . 247.
Fransk Maal og Vægt . 34, 35.

Side.

Fraskand af en Tordenskye . 118.
Frembringelse af Lyd . . . . 117.
Friction (Rivning) . . . . . 76.
Fri Gang i et Uhr . . . . 30.
Fugtighed, Luftens . . . . . 101.
Fugtighedsmaaler . . . . . 102.

Galilæi 1; opdager Luftrykket . . . . . 94.
Gangen i Uhret 25, 30 Anm.
den frie . . . . . 30.
Gangspillet . . . . . 58.
Garnett's Blokke . . . . . 66.
Gasse 84; deres Vægtfylde at bestemme . . . . . 157.
Gjenklang . . . . . 119.
Gjenlyd . . . . . 118.
Gjennemblæse en Dampmaskine . . . . . 271.
Glaskugler til at bestemme Brændeviins Vægtfylde . 155.
Glidende Styrer . . . 247, 249.
Glider (slider) . . . . . 250.
Governor (Styrer) . . . . 262.
Gravitations-Tiltrækning . 7.
Gramme . . . . . 35.
Graham's Qvikssølvpendul 28, 29.
Grunddele . . . . . 2.
Grundlag for Naturlæren . 1.
Guerikes magdeburgiske Halvkugler . . . . . 90.

Haarhygrometer, Sausures 102.
Haarrørs-Virkning . . . . . 8.
Hagel . . . . . 105.
Halley's Forsøg om Jordens Tiltrækning 17; Beregning over Middelhavets Uddunstning 101; over Verdenshavets . . . . . 160.
Halvcirkelformede Canaler . 121.

Side.
Halvkugler, magdeburgske . 90.
Hammer i Øret . . . . . 121.
Handelsvinde (trade-winds) 113.
Hand-geer (Styrehaand) . . 231.
Hane, Damp- 241; Indsprøitnings- 243; Firegangs- 247; Prøve- . . . . . 220.
Hardie's Kran . . . . . 89.
Harmattan . . . . . 114.
Heron's Kugle 87, 108; Vandspring . . . . . 142.
Hestehoveder . . . . . 234.
Hestekraft, hvorefter Dampmaskiners Kraft beregnes 296.
Hiero's Krone . . . . . 248.
High-pressure-engine (Høitryks-Maskine) . . . . . 281.
Hjul, det perisiske 171; Kam- 60; Kogger- 60; Rivnings- 77; Stjerne- 60; Sving- 80, 235; Vand- 196; Underfalds- 196; Overfalds- 198; Bryst- 199; Vogn- . 78.
Hjulbarometer af Hook . . 98.
Hjulet paa sin Axel (Spil) . 57.
Hjul med Tænder, eller forbundne med Snore 59; Kraftvindingen deraf . 60, 61.
Hook's Hjulbarometer 98; Mening angaaende Dampmaskinen . . . . . 227.
Hornblower's Dampmaskine 279.
Hurtighed af faldende Legemer 17; af Vinden 114; af Lyden 117; af Vandet, naar det flyder igjennem Rør 165; af Stæmplet i Dampmaskinen . . . . . 297.
Huyghen's Dobbeltbarometer 99.
Hvilepunct, Vægtstangens . 46.
Hvirvelvind . . . . . 114.

Side.
Hydraulik . . . . . 127, 159.
Hydrauliske Maskine, Segners 202.
Hydrauliske Presse, Joseph Bramah's . . . . . 5, 137.
Hydrometer . . . . . 154.
Hydrostatik . . . . . 11, 127.
Hydrostatiske Paradox 134; Vægt . . . . . 145.
Hygrometer, forskjellige, Saussure's, Daniell's . . . . . 102.
Hældende Taarne . . . . . 42.
Høve- og Trykpumpe 183; af de la Hire . . . . . 185.
Hævert 166; würtembergske 68; anvendt til Vandspring 169.
Hævertbarometer . . . . . 97.
Høiders Udmaaling ved Lufttrykmaaleren 96; ved Varmemaaleren og kogende Vand . . . . . 104.
Høi Tone . . . . . 116.
Høitryks-Maskine 281; Farlighed 291; Forskjel fra den fortættende Maskine 285; Hovedfortrin . . . . 295.
Høll . . . . . 143.
Høregang . . . . . 121.
Hørenerve . . . . . 122.
Høreredskaber . . . . . 121.
Hørerør . . . . . 120.

Jacket (Trøie) . . . . . 242.
Ildhjul eller Ildmølle, Amonton's . . . . . 224.
Ildluft . . . . . 83.
Ildmaskine, Savery's 217; Beighton's . . . . . 232.
Ildstedet til Dampkjedlen . 260.
Inderskruen . . . . . 72.
Indretning, ligelobende Bevægelses 251; røgfortærende 260.

Side.

Indsprøitningshanen . 243, 270.
Indtrængen af Vædsker i hverandre . . . . . 155.
Instrumenter, blæsende . . . 125.

Kamhjul . . . . . 60.
Kasse, det kolde Vands, det varme Vands . . . . . 242.
Kastevægtstang . . . . . 47, 53.
Kater . . . . . 36.
Kegle, den dobbelte . . . . 43.
Kegledannede Propper . . . 245.
Kilder . . . . . 161.
Kile 70; Kraftvinding derved 71.
Kjædepumpe . . . . . 174.
Klokke til Luftpumpe . . . . 86.
Klokkeknæmaskine . . . . . 270.
Knaldperler . . . . . 209.
Kogepunct, Vandets . . . . 204.
Kogger . . . . . 60.
Koggehjul . . . . . 60.
Kolde Vands Kasse, Pumpe 242.
Korn, være af samme . . . 10.
Kraft 13; sammensatte 20; Midtpuncts, midtpunctsøgende, midtpunctflyende 24; skjævtvirkende paa Vægtstangen 56; en Maskines at beregne 75; af Damp 205; af Dampmaskinen 294, 296; til at drive en Pumpe . . . . . 189.
Kraftvinding af toarmet Vægtstang 47; af eenarmet 52; af Drev og Hjulforbindelse 61; af Tridsen 63; af Skraaplanet 69; af Kilen 71; af Skruen 72; theoretisk . . . . . 76.
Kran 58; Hardie's . . . . . 59.

Side.

Krumtap 181; paa Dampmaskinen . . . . . 235.
Ktesebes 175; hans Pumpe 185.
Kugler af Glas til at bestemme Brændeviins Vægtfylde . . . . . 155.
Kulforbrug, Dampmaskinens 299.

Lahire's Pumpe . . . . . 185.
Lampe aerostatisk . . . . . 143.
Landvinde, stadige . . . . . 113.
Laplace's og Lavoisier's Pyrometer . . . . . 55.
Last . . . . . 13.
Lean, Thomas og John . . 299.
Legemers Tæthed 8; Vægt 12; Hurtighed, naar de falde 17; Bevægelse, naar flere Kræfter virke 20; spændige 84; flydende 11; flyde eller synke i Vædsker 132; Svingning 123; Vægtfylde 145; bestemme Vægtfylden . . . . . 147, 149.
Legeme, menneskeligt, Luftryk derpaa . . . . . 85.
Legemligt Pendul . . . . . 26.
Legemmaal . . . . . 32.
Leuwenhöck . . . . . 4.
Lift-and force-pump . . . 183.
Ligegyldighed, Materiens . 5, 14.
Ligelobende Bevægelses Indretning . . . . . 251.
Ligevægt, Vædskers . . . . . 131.
Litre . . . . . 35.
Londons Vandværker . . . . 141.
Love for Bevægelsen 14; for Legemers Svingning . . . 123.
Luft, dens mechaniske Egenskaber, Qvælluft, Ildluft

Side.

83; forskjellig fra Vand 5; fra Dampe og Dunster 83; Spændighed 85, 86; Fugtighed 101; Sammentrykning . . . . . 106.
Luftarter 84; Vægtfylde at bestemme . . . . . 157.
Luftens Forandringer . . . . 101.
Luftens Sugning . . . . . 91.
Luftens Vægt, Forsøg af Biot og Arago . . . . . 89.
Luftpumpe 85; dobbeltstøvlet, Cuthberson's, Fortin's 88; paa Dampmaskinen 240; Prøver . . . . . 97.
Luftreiser . . . . . 112.
Luftseilads . . . . . 110.
Luftskib at styre, Anvendelse i Krig . . . . . 112.
Lufttryk 84; paa det menneskelige Legeme 85; det største 93; opdages af Torricelli . . . . . 94.
Lufttryklære . . . . . 11, 83.
Lufttrykmaaler 94; forudsiger Veirforandring 95; udmaaler Høider . . . . . 96.
Lusfac . . . . . 112.
Lyd 116; Frembringelse, Hurtighed 117; Forplantelse . 118.
Løbetridse . . . . . 67.
Løs Tridse . . . . . 63.

Maal og Vægt, dansk 31, 32; fransk 34, 35; engelsk 36; Tabel . . . . . 37.
Magdeburgske Halvkugler . 90.
Mandhul . . . . . 234.
Man-hole (Mandhul) . . . 234.
Maskelyne's Forsøg om Jordens Tiltrækning . . . . . 17.

Side

Maskine, Kraften at beregne 75; Compressions- 128; Damp- 203; paraboliske 21; Segner's hydrauliske 202; Spande- 174; Svamp-, Veras Toug- . 175.
Maskinbom . . . . . 228, 269.
Materie, chemiske Egenskaber 2; almindelige mechaniske Egenskaber 3; Ordningskraft 9; Delene ere sammenhængende og indtage Rum, ere deelbare i det Uendelige 3; uigjennemtrængelige 4; besidde Bevægelighed og Ligegyldighed mod Bevægelse og Hvile 5, 14; tiltrække og tiltrækkes . . . . . 6.
Mathematiskt Pendul . . . 26.
Mechanik, hvad er . . . . . 11.
Mechaniske Egenskaber, Materiens 3; Luftens 83.
Mechaniske Potenser . . . . 45.
Mechaniske Taskenspillerkunster . . . . . 43.
Menneskeligt Legeme, Lufttryk derpaa . . . . . 85.
Meteorologie, dansk af Schouw 95.
Metre . . . . . 34.
Midtpunct af Vædskers Tryk 139.
Midtpuncts Kræfter . . . . 24.
Midtpunctsøgende Kraft . . 24.
Midtpunctflyende Kraft . . 24.
Mikrometer, Skrue- . . . . 73.
Moment . . . . . 17, 38.
Monsoons . . . . . 114.
Montgolfier 110; Forbedring af Vandvædderen 194.
Montgolfiere . . . . . 110.

Side.

Morland's Diagonalbarometer 99; Forsøg med Dampens Kraft . . . . . 217.
Murray . . . . . 249.
Musschenbroeck 108; Forsøg om Vandets Usammentrykkelighed . . . . . 127.
Mussons . . . . . 114.
Mølle, til at knuse Farver 79; Centrifugal- 201; Ild- 224.
Møttrik . . . . . 72.

Naturlære, de Nyeres, dens Grundlag . . . . . 1.
Newcomen's Dampmaskine . 226.
New river water works . . 141.
Newton's Forsøg med Vands Udstrømning af Aabninger 165.
Nivelleer-Instrument . . . . 16.
Nouailles's Vandhjul . . . 201.
Nozles (Næseborer) . . . . 264.
Næring, Flodernes . . . . . 159.
Næseborer paa Dampmaskinen . . . . . 264.

Octav . . . . . 124.
Omdreiende Bevægelse paa Dampmaskinen . . . . . 234.
Omdreiende Dampmaskine 291; af Onion 293; Masterman, Sadler, Donkin, Congreve 294.
Onion's omdreiende Dampmaskine . . . . . 293.
Orcan . . . . . 114.
Ordningskraft, Materiens . 9.
Oscillationscentrum . . . . . 26.
Ovalt Vindue i Øret . . . 121.
Overfaldshjul . . . . . 198.
Overfladen af Vædsker altid vandret . . . . . 131.

Side.

Papin's Anvendelse af Damp af høiere Spændkraft 282; hans Gryde og Dampmaskine . . . . . 224.
Paraboliſk Maskine . . . . . 21.
Paradox, det hydrostatiske . 134.
Parallel-motion apparatus (Ligeløbende Bevægelses-Indretning) . . . . . 251.
Pascals Opdagelse med Lufttrykmaaleren . . . . . 95.
Passatvinde . . . . . 113.
Payne's Indretning istedetfor Dampkjedel . . . . . 232.
Paternosterværk . . . . . 175.
Pendul 25; enkelt, sammensat, mathematiſkt, legemligt 26; Secundpendulets Længde i Kjøbenhavn 27; compenseret 27; Rist- 28; Qvikſølv- 28, 29; anvendt som Prøve for Maal og Vægt 30.
Perkins's Forsøg med Vandets Sammentrykkelighed 129.
Perler til at bestemme Brændeviins Vægtfylde . . . . 155.
Perpetuum mobile . . . . . 80.
Persiſkt Hjul . . . . . 171.
Pige, den usynlige . . . . . 120.
Plan, det skraae . . . . . 68.
Plug-tree (Tapbom) . . . . 231.
Pluger-weights (Dykkerlodder) . . . . . 275.
Pneumatik (Lufttryklære) 11, 83.
Polaritæt . . . . . 9.
Potenser, mechaniske . . . . 45.
Pontifex . . . . . 226.
Potter . . . . . 231.
Præse 74; Bramah's hydrauliske . . . . . 5, 137.

Side.
Propper, kegledannede 245; deres Aabning og Lukning vigtig 274; Prop for at forhindre Kjedlens Sammentrykning . . . . . 299.
Prøvehaner . . . . . 220.
Prøvemaal . . . . . 33.
Prøver, til Vægt og Maal 30; paa Luftpumpen 97; til at undersøge Luftens Fortætning i Vindkjedlen 184; paa Dampens Kraft 207.
Pumpe, Luft- 85; Vand-, Suge- 92, 175; Sammentrykkings- 106; Kjæde- 174; Tryk- 181; Hæve- og Tryk- 183; Lahires 185; eccentriske 187; Centrifugal- 189; Udtømnings- 240; det kolde Vands . . . . . 242.
Pund, dansk . . . . . 32.
Pyrometer, dets Brug 12, 78; Vægtstangs- 54; andre Slags . . . . . 55.

Quadratalen . . . . . 31.
Quart . . . . . 124.
Quikselvpendul . . . . . 28, 29.
Quint . . . . . 124.
Quælluft . . . . . 83.

Raaber . . . . . 120.
Ramazzinis Diagonalbarometer . . . . . 99.
Ramsden's Delemaskine . . 73.
Reaumurs Thermometer . . 211.
Recipienter . . . . . 86.
Regn . . . . . 105.
Regnmaaler . . . . . 161.
Reisebarometer, af Englefield . . . . . 100.
Relativ Bevægelse . . . . . 14.
Resonants . . . . . 119.
Riimfrost . . . . . 106.
Riftpendul . . . . . 28.
Rivning 6, 76; strygende og rullende . . . . . 77.
Rivningsmodstand, Vandets 163.
Rivningsruller og Hjul . . 77.
Robert . . . . . 112.
Robison . . . . . 273, 280.
Roebuck . . . . . 255.
Rullende Rivning . . . . . 77.
Ruller, Rivnings- . . . . . 77.
Rundagtigt Been . . . . . 121.
Røgfortærende Indretning . 260.
Rømer . . . . . 31.
Rør, Tale- og Høre- 120; eustachisk 122; Suge- paa Dampkjedlen 256; Damp- 261; Side- paa Dampmaskinen . . . . . 264.

Saccharometer . . . . . 155.
Sammenhængs-Tiltrækning . 6.
Sammenligning af de syv Toner med Regnbuens Farver . . . . . 126.
Sammensatte Kræfter 20; Pendul . . . . . 26.
Sammentrykkelighed, Vandets, Forsøg af Canton, Abich og Zimmermann, Ørsted 128; Perkins . . . 129.
Sammentrykning, Luftens, Sammentrykkings-Pumpe 106; simpelt Slags . . . 107.
Sausures Haar-Hygrometer 102.
Savery's Ild- eller Dampmaskine 217; Forbedringer 219; Ufuldkommenheder . 222.
Schouws danske Meteorologie 95.

Side.
Secundpendulets Længde i Kjøbenhavn . . . . . 27.
Segners hydrauliske Maskine 202.
Selvstyrende Dæmper . . . 258.
Sext, den store . . . . . 124.
Shuldham's Blokke . . . . . 66.
Sideaabning, med hvad Kraft Vandet strømmer ud . . . 139.
Siderør paa Dampmaskinen 264.
Sidetryk af Vædsker . 131, 139.
Sikes's Flydevægt . . . . . 154.
Sikkerheds Klap . . . 224, 259.
Sirocco . . . . . 114.
Skaalvægt, at prøve dens Godhed . . . . . 49.
Skarpgjænget Skrue . . . . 72.
Skive . . . . . 63.
Skjævtvirkende Kræfter . . . 56.
Skraaplan 68; Kraftvinding 69.
Skrue, uden Ende, Kraftvinding, skarpgjænget, fladgjænget, dobbelt, tredobbelt 72; Archimedes's . . 172.
Skruemikrometer . . . . . 73.
Skruepresse . . . . . 74.
Skyer . . . . . 104.
Slider (Glider) . . . . . 250.
Sliding regulator . . . . . 247.
Sluseværk . . . . . 198.
Smeaton's Blokke 66; Undersøgelser om Vandhjul 199; Anviisning til Dampkjedel 233; Beregning over Dampmaskinens Hestekraft . . . 296.
Snee . . . . . 105.
Snekke i Øret . . . . . 121.
Snifting-clack (Snøfteklap) 230.
Snøfteklap . . . . . 230.
Spandemaskine . . . . . 174.
Specifist Vægt 145; Tabel derover . . . . . 148.
Side.
Sphærometer . . . . . 73.
Spillet 57; Fordeel for Vægtstangen og Kraftvinding . 59.
Sprængning af Dampkjedlen 208.
Sprøite . . . . . 185.
Spændige Legemer . . . . . 84.
Spændighed, Luftens 85, 86; Vandets . . . . . 130.
Stadige Sø- og Landvinde 113.
Stere . . . . . 35.
Stigbøile i Øret . . . . . 121.
Stjernehjul . . . . . 60.
Stokkedrev . . . . . 60.
Store Sext, Terts . . . . . 124.
Storm . . . . . 115.
Strygende Rivning . . . . 77.
Styre Luftskibet . . . . . 112.
Styrehaand . . . . . 231.
Styrer 262; den glidende 247, 249.
Stæmpel, Luftpumpens 87; Vandpumpens 92; Dampmaskinens 267, forbedret af Woolf og Cartwright . . 268.
Stæmpelstang . . . . . 241.
Støvle, Luftpumpens 87; Vandpumpens 92; Dampmaskinens 266; i Woolf's Dampmaskine . . . . . 290.
Støvlemuur . . . . . 266.
Sugepumpe . . . . . 92.
Sugerør paa Dampkjedlen. 256.
Sugning, Luftens . . . . . 91.
Svampemaskine . . . . . 175.
Svinghjul 80; paa Dampmaskinen . . . . . 235.
Svingninger Legemers; deres Forhold, Love derfor . . . 123.
Svingningspunct . . . . . 26.
Sympathie, Tonernes . . . 125.
Sætte Dampmaskinen i Gang 271.

Side.

Søuhre 29; Vanskeligheder ved Forfærdigelsen .... 30.
Søvinde, stadige ..... 113.

Taage ..... 105.
Taarne, hældende ..... 42.
Tabel og Maal og Vægt 37; over Legemernes Vægtfylde 158; over Dampens Tryk 206.
Talerør ..... 120.
Tallerken, Luftpumpens 87; den dobbelte ..... 91.
Tandhjul ..... 60.
Tantalusbæger ..... 169.
Taphom ..... 231, 265.
Taskenspillerkunster mechaniske 43.
Taylor's Acetometer .... 155.
Terts, den store ..... 124.
Theoretisk Kraftvinding .. 76.
Thermometer, af Reaumur, Celsius og Fahrenheit .. 211.
Thousand-grain-bottle (Tusind-Grans Flasken) ... 152.
Throttle-valve (Drøvl) .. 261.
Tideelsmaal ..... 31.
Tiltrækning, Materiens, Sammenhængs- 6; Gravitations- 7; Jordens .... 15.
Titeltavlens Forklaring .. 278.
Toarmet Vægtstang ... 46, 47.
Tolvdeelsmaal ..... 31.
Tone, høi 116; dyb 123; Sammenligning med Farver ..... 126.
Toneforhold, consonerende, dissonerende ..... 124.
Tonernes Sympathie .... 125.
Tordenskyers Fraskand at maale ..... 118.
Torricelli opdager Luftstrykets Størrelse; hans Vacuum ..... 94.
Tougmaskine, Veras .... 175.
Tougenes Retning ved Tridsen 68.
Trade-winds (Handelsvinde) 113.
Tralles's Flydevægtskaal .. 156.
Tredobbelt Skrue ..... 72.
Trevethick's Maskine .... 282.
Tridse, løse, faste 63; Forbindelse af flere 64, 67; Løbe- ..... 67.
Tridsesats, White's 65; Garnett's og Shuldham's .. 66.
Trilling ..... 60.
Trommehinde ..... 121.
Trosse ..... 63.
Tryk af Luften 84; paa det menneskelige Legeme 85; største Tryk 93; opdages 94; af Vædsker 131; af Dampkjedlen ..... 206.
Trykkets Midtpunct af Vædsker ..... 139.
Trykpumpe 181; Hæve- og Tryk- 183; paa Dampmaskinen ..... 257.
Troie paa Dampmaskinen 242; Woolf's Forbedring ... 290.
Tunge Legemers Vægtfylde at bestemme ..... 147.
Tusindgrans Flaske ..... 152.
Tyngdekraft 15; ikke lige overalt ..... 18.
Tyngdepunct 39; at bestemme 41.
Tyngderetning ..... 39.
Tænder ..... 60.
Tæthed, Legemernes ..... 8.

Uddunstning, Vandets 101, 160.
Udmaaling, af utilgjængelige Dybder 18; af Høider 96,

Side.

104; af Torbenskyers Afstand . . . . . 118.
Udstrømning, Vandets af forskjellige Aabninger og Kar 164.
Udsugningsrør . . . . . 242.
Udtømningspumpe . . . . . 240.
Underfalds-Hjul . . . . . 196.
Unisono (Enklang) . . . . . 124.
Uroen i et Søuhr . . . . . 29.
Usammentrykkelighed, Vandets, florentinsk, Musschenbroecks og Bacons Forsøg . . . . . 127.
Usynlig Pige . . . . . 120.

Vacuum, Torricellis, Boyle's 94.
Vand, naar Luften udpumpes 89, 106; usammentrykkeligt 127; sammentrykkeligt 128, 129; Spændighed 130; Udstrømning af en Sideaabning 139; af forskjellige Aabninger og Kar 164; Fordunstning 101, 160; Rivningsmodstand 163; Bevægelse 162; Hurtighed, naar det flyder gjennem Rør 165; Tryk 139; Bevægelse derved 195; Kogepunct . . . . . 204.
Vandets Bevægelseslære 127, 159.
Vandhammer . . . . . 5.
Vandhjul 196; Underfalds og Overfalds 198; Brysthjul 199; Nouailles's og Andres . . . . . 201.
Vandledning . . . . . 140.
Vandpumpe 92, 175; hæver Vandet til hvilkensomhelst Høide 177; simpelt Slags

Side.

178; hvormeget Vand den afgiver . . . . . 186.
Vandretter . . . . . 16.
Vands, det kolde, Kasse og Pumpe . . . . . 242.
Vands, det varme, Kasse . 242.
Vandskrue . . . . . 172.
Vandspring, Heron's 142; Commando- 142, 143; ved Hævert . . . . . 169.
Vandtrykbælg . . . . . 135.
Vandtrykkære 11, 126; Hovedsætningen . . . . . 145.
Vandvædder 189, 190; Boulton's, Montgolfier's . . . 194.
Vandværker ved London . . 141.
Varmens Virkning paa Legemer . . . . . 203.
Varmemaaler eller Varmeprøver . . . . . 211.
Varme Vands Kasse . . . . 242.
Veirforandringer forudsiges af Lufttrykmaaleren . . . . . 95.
Veirhuset . . . . . 102.
Veltning af Vogne . . . . . 43.
Ventil . . . . . 87.
Venturi . . . . . 165.
Veras Tougmaskine . . . . . 175.
Vind 110, 113; stadige So- og Land-, Passat-, Handels- 113; Mussons, Hvirvel-, Harmattan, Sirocco 114; Storm, Orcan 115; Hastighed . . . . . 114.
Vindbøsse . . . . . 108.
Vindfløi . . . . . 114.
Vindkjedel . . . . . 181.
Vindkugle . . . . . 209.
Vindmaaler . . . . . 114.
Vindue, ovalt i Øret . . . . 121.

Side.
Vinkelvægtstang 56; som Veiredskab . . . . . 57.
Virkning, Haarrørs- 8; af flere Kræfter paa eet Legeme 20; af Varmen . . . 203.
Vivian . . . . . 282.
Vognes Veltning . . . . . 43.
Vognhjul . . . . . 78.
Vognkjedel . . . . . 233.
Vædsker 84; Vægt, Ligevægt 131; Sidetryk 139; Vægtfylde at bestemme 151; Indtrængen i hinanden 155; Bevægelse . . . . . 160.
Vægt, Legemers 12; dansk 31, 32; fransk 34, 35; engelsk og Apotheker 36; Tabel 37; Luftens 89; specifik . . . . . 145.
Vægtfylde, Legemernes 145; at bestemme 146; tunge Legemers 147; lette Legemers 149; Vædskers 151; Gasse 157; Tabel . . . . . 158.
Vægtskaal, hydrostatisk . . . 145.
Vægtstang, dens Hvilepunct, den toarmede 46; den eenarmede, Bære- 47, 51; Kaste- 47, 53; forenede 53; hos Chineserne 55; Vinkelvægtstang 56; Kraftvinding af den toarmede 47; eenarmede 52; naar Kraften virker skjævt . . . . . 56.
Vægtstangspyrometer . . . . 54.

Waggon-boiler (Vognkjedel) . . . . . 233.
Wasbrough's Anvendelse af Krumtap og Svinghjul . 236.
Waterpas . . . . . 16.
Water-works new river . . 141.
Watt's Forbedring ved Dampmaskinen 236; hans Dampmaskine 240; forener sig med Boulton 255; hans og Boulton's Beregning over Dampmaskinens Hestekraft . . . . . 296.
Wells . . . . . 105.
White's Tridsesats . . . . . 65.
Wilkinson . . . . . 255.
Wollaston's Indretning til at vise Dampens Virkning 213.
Worcester's Dampmaskine 214, 215.
Woolf's Dampstæmpel 268; Dampmaskine 287; Dampkjedel 289; Forandring med Troien . . . . . 290.
Würtembergsk Hævert . . . 68.

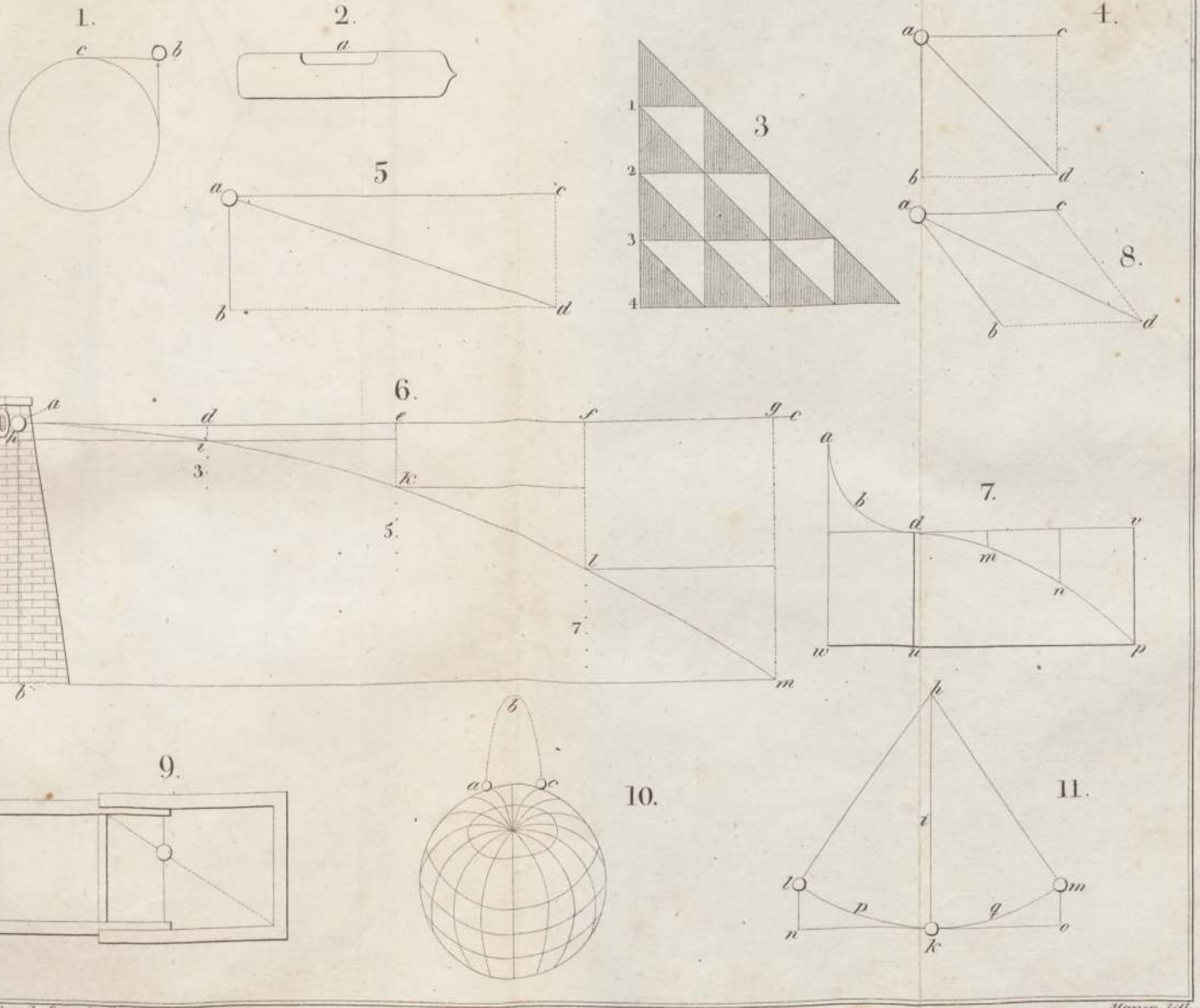
Zimmermann's og Abich's Forsøg om Vandets Sammentrykkelighed . . . . . 128.

Æolipilen . . . . . 209.
Æolusharpe . . . . . 125.

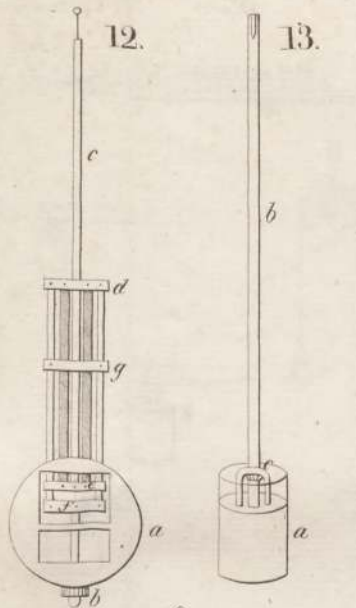
Øret . . . . . 121.
Ørsteds Forsøg om Vandets Sammentrykkelighed 128; hans Varmelære . . . . . 211.
Øsehjul . . . . . 173.

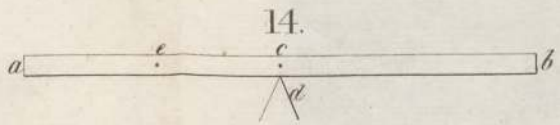
Rettelser.

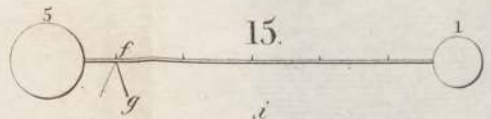
Side 57 Lin. 23 hvor *ee* læs hvor *ee*.
— 62 — 17 Fjedren *o* læs Fjedren.
NB. Disse to Feil findes ikke i alle Exemplarer.
— 107 — 20 Hullet *x* læs Hullet *z*.
— 137 — 28 Ventil *c* læs Ventil.
— 144 — 20 nær Cassel læs nær Cassel,
— 151 — 27 mindre læs mere.
— 156 — 27 1026 læs 1,026.
— 157 — 20 ovenstaaende læs efterstaaende.
— 160 — 13 og disse ved læs og disse.
— 160 — 32 idet læs i det.
— 206 — 9 jo mindre læs des mindre.
— 208 — 2 Maalestokkenl læs Maalestokken.
— 213 — 9 Wollenston læs Wollaston.
" 22 udvikledes læs udvikles.
— 242 — 13 Huuspumpe læs Vandpumpe.
— 253 — 12 for oven læs fra oven.
— 268 — 17 smælte læs smælter.
— 275 — 23 om Navlen *v*, om læs om Navlen *v*, som.

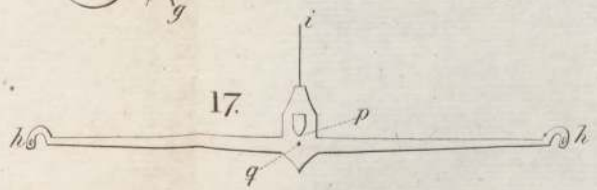


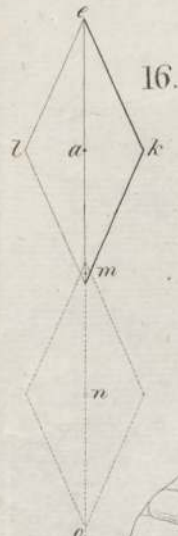
Kongl. Steendryck. A. Dir.
Mansa lith.

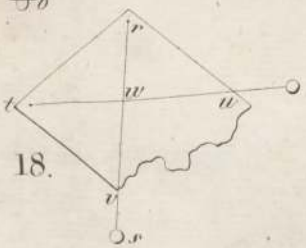




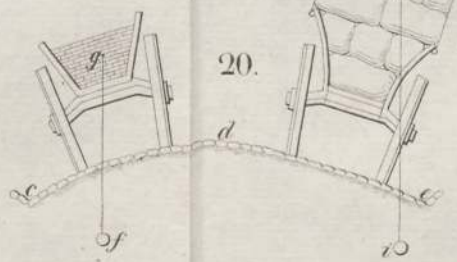




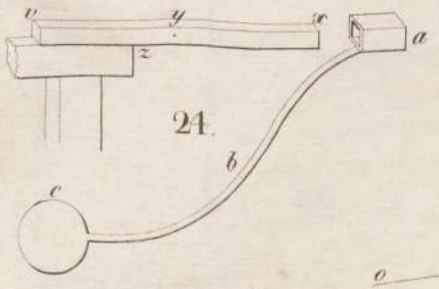


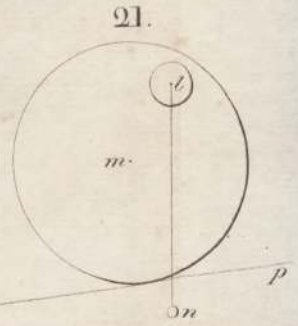


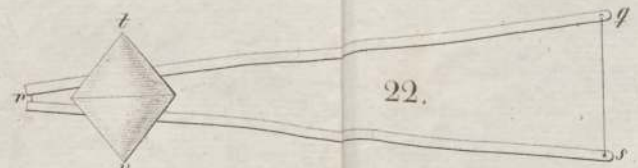


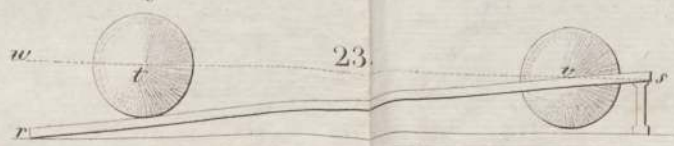




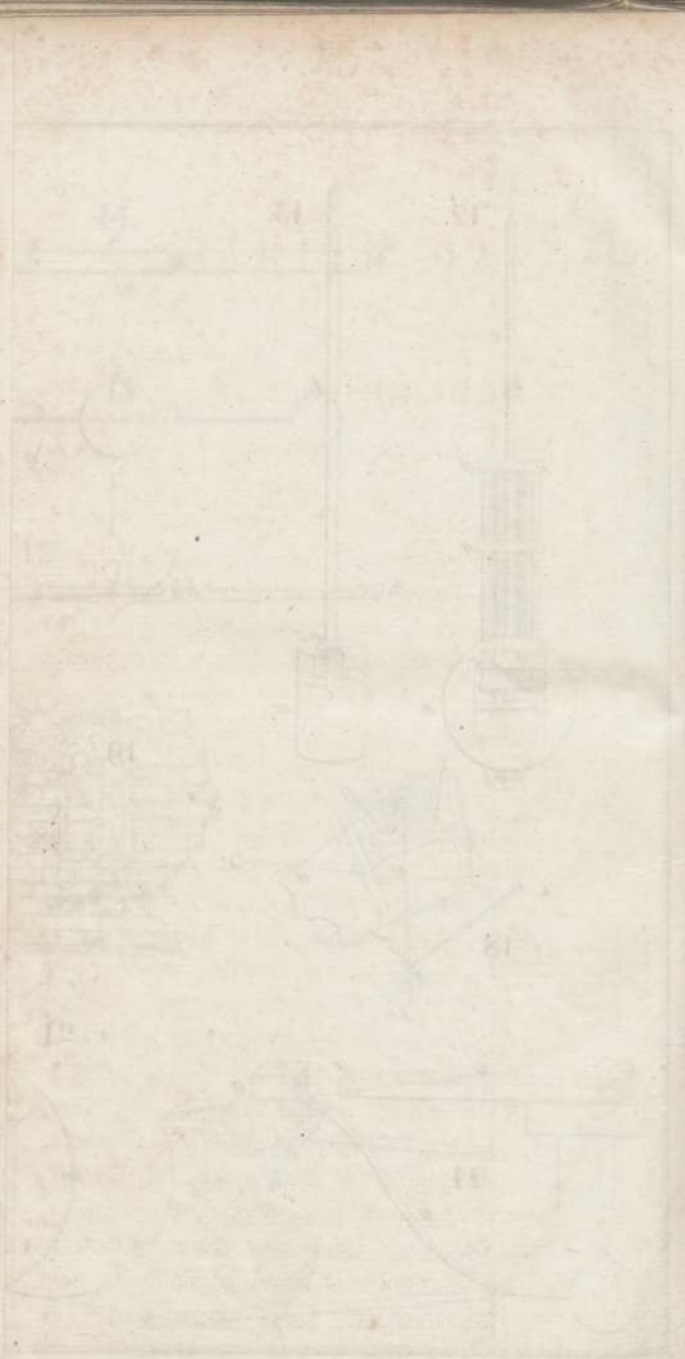


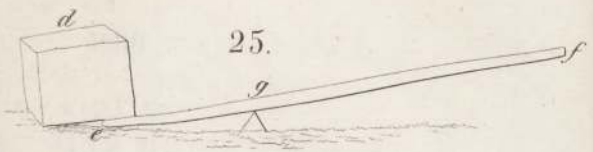


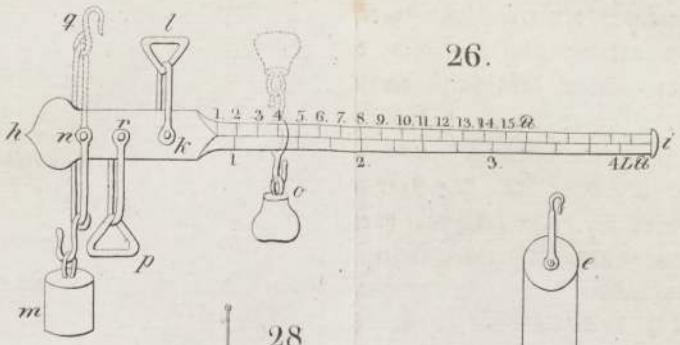


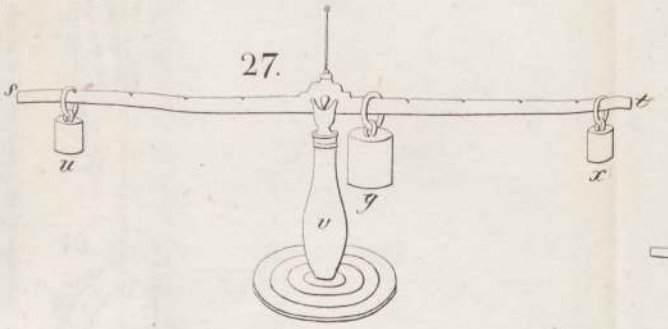


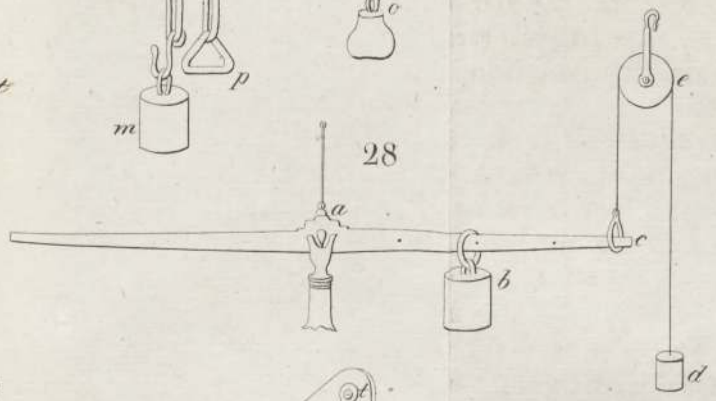
Kongl. Steentryck. A. Dir.
Mansa lith.

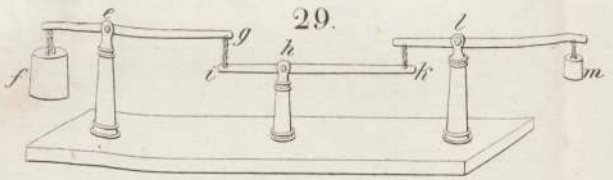


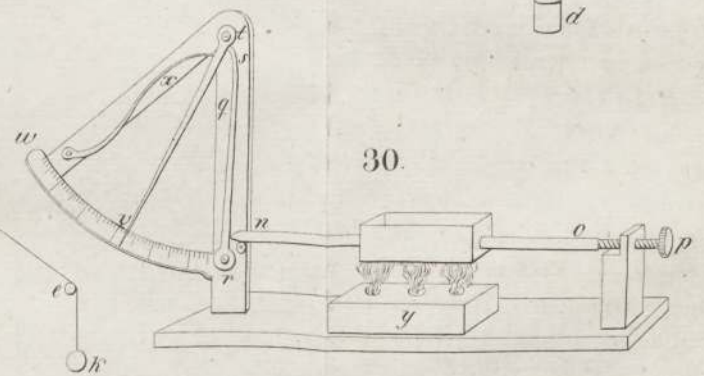


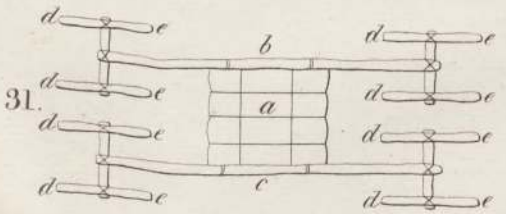


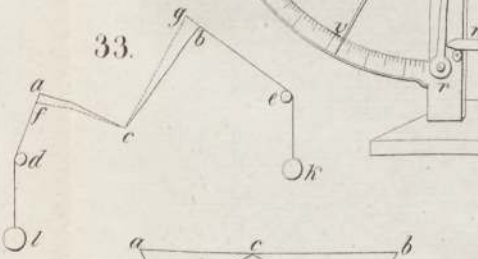


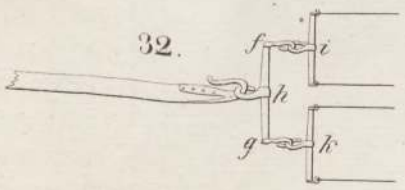


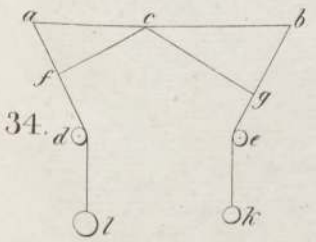


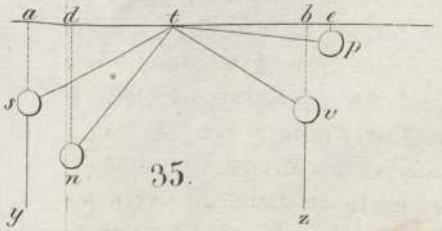






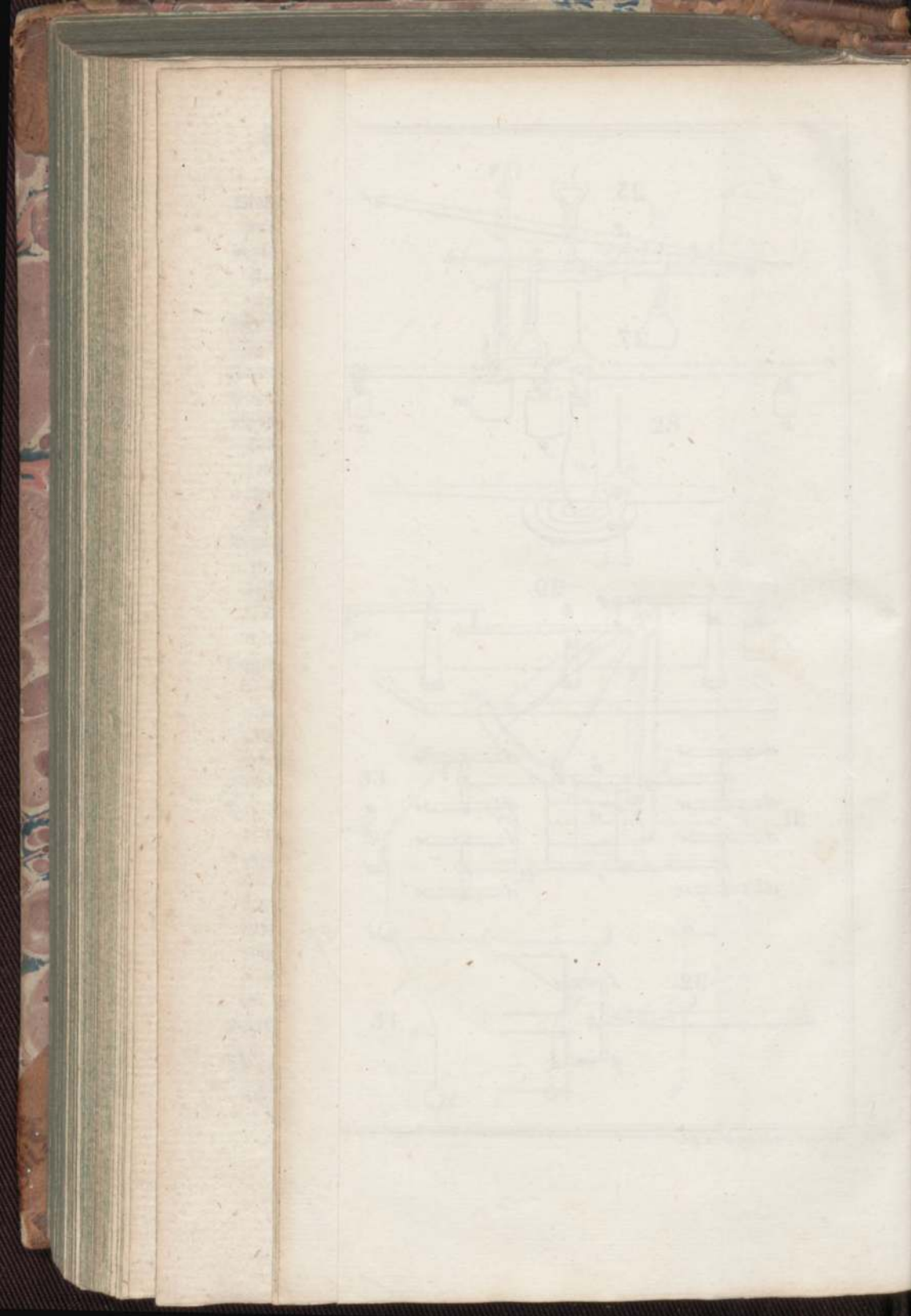




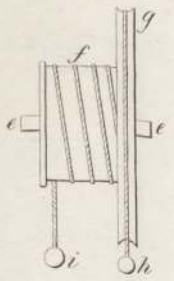


Kongl. Steentryk: A. Dir.

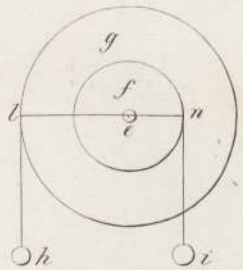
Mansa lith:



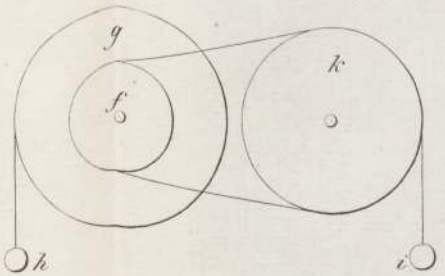
36.



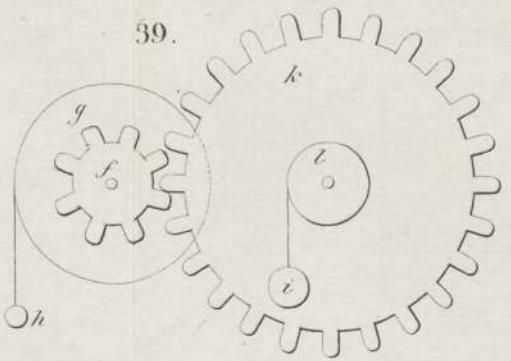
37.



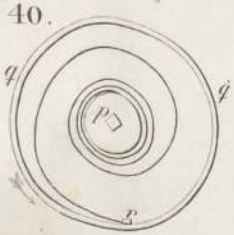
38.



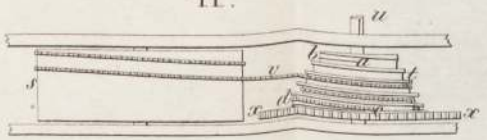
39.



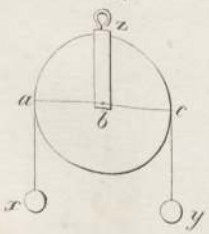
40.



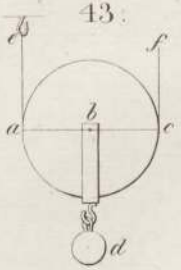
41.



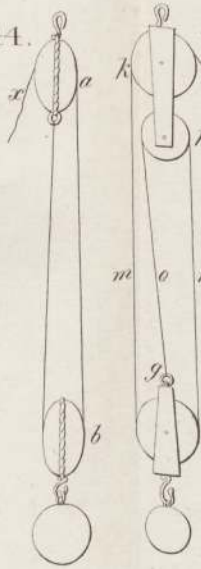
42.



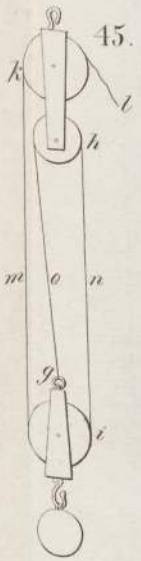
43.



44.



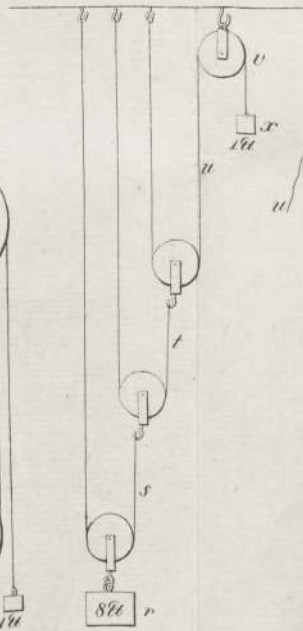
45.



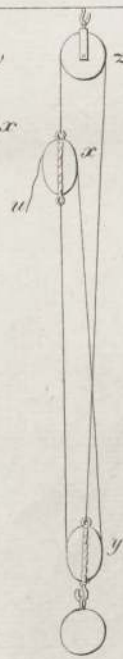
46.



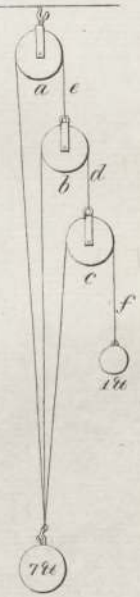
47.



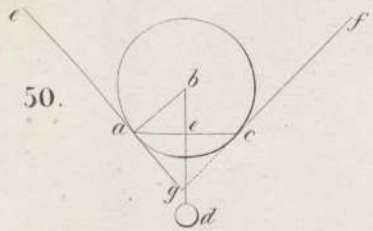
48.



49.

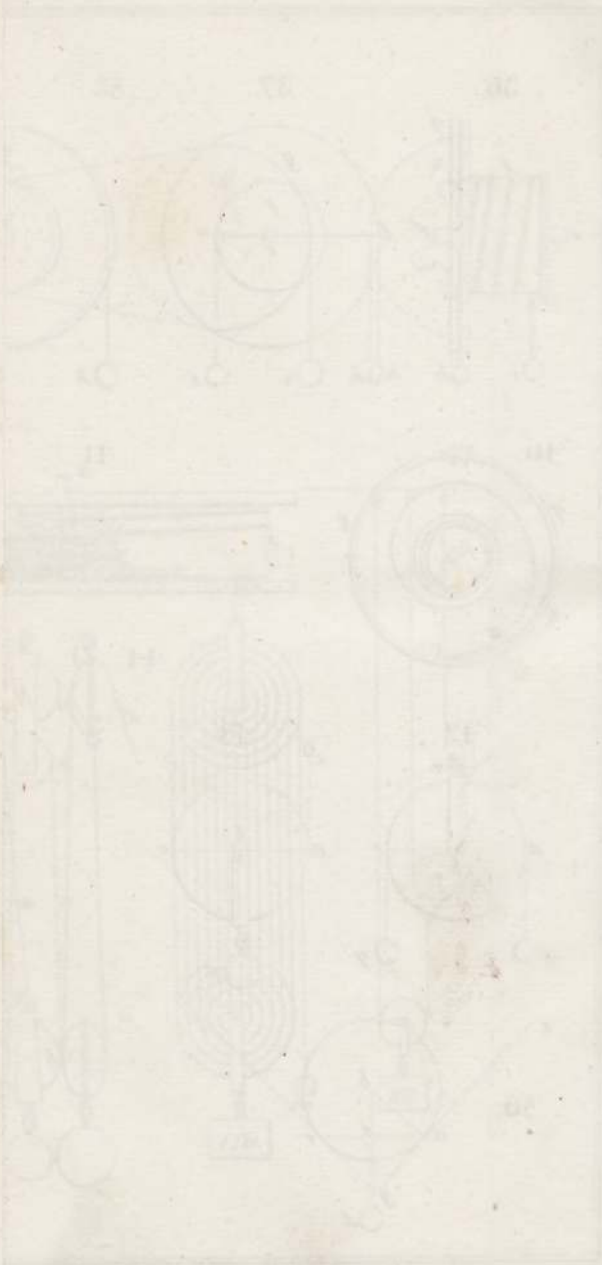


50.

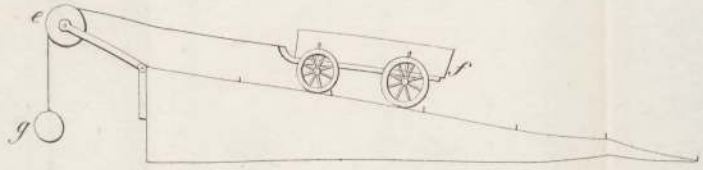


Kongl. Stentryk. A. Dir.

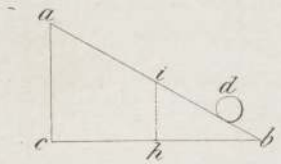
Mansa lith.



52.



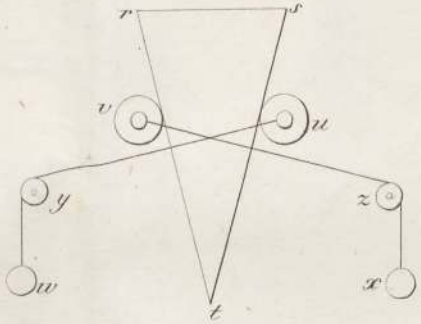
51.



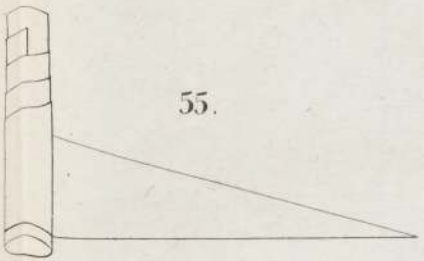
53.



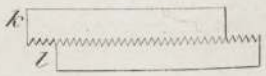
54.



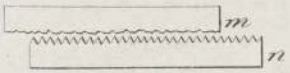
55.



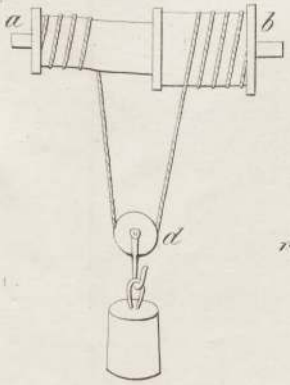
58.



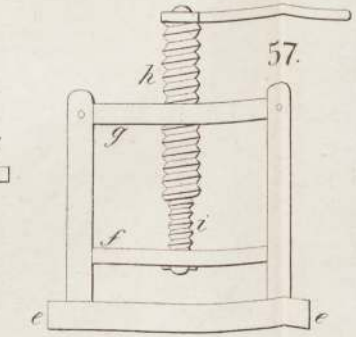
59.



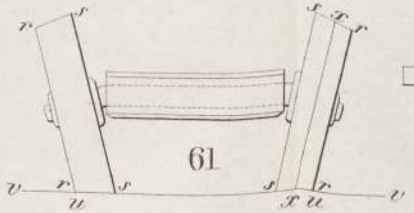
56.



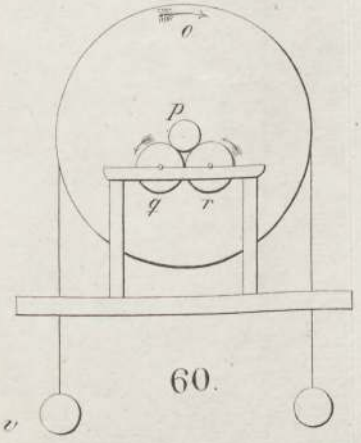
57.



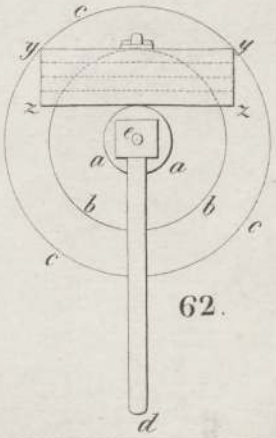
61.



60.

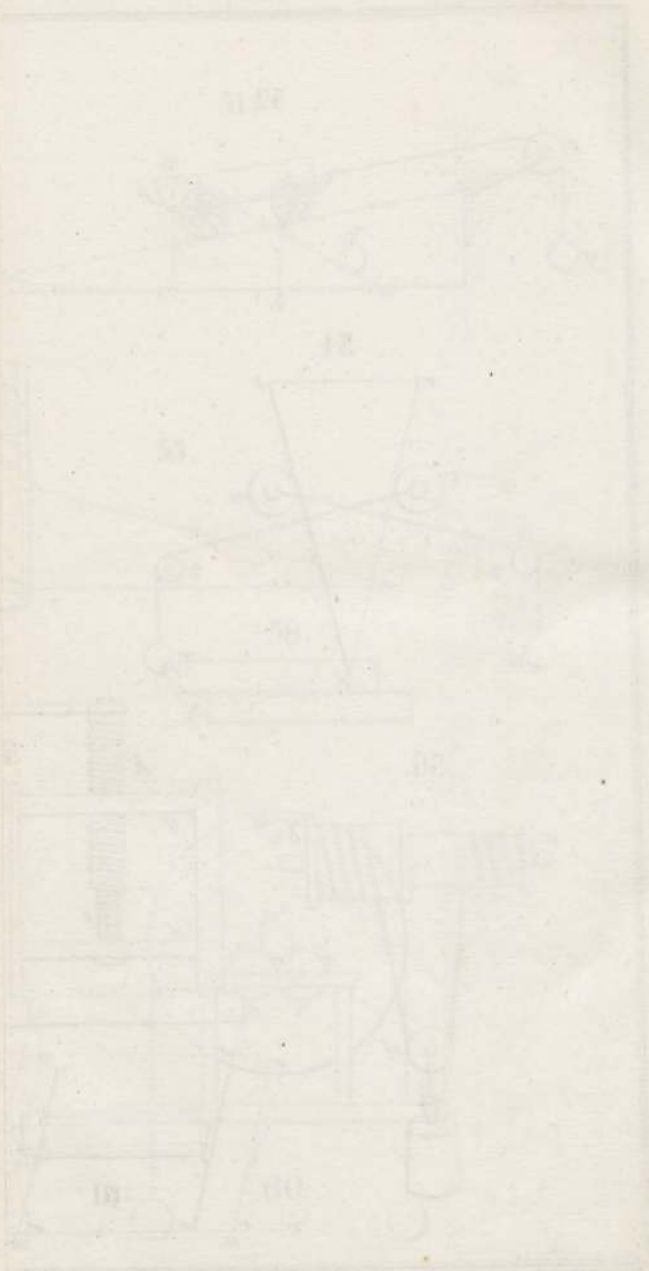


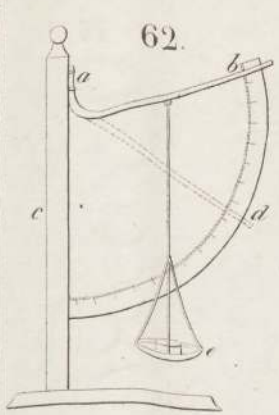
62.

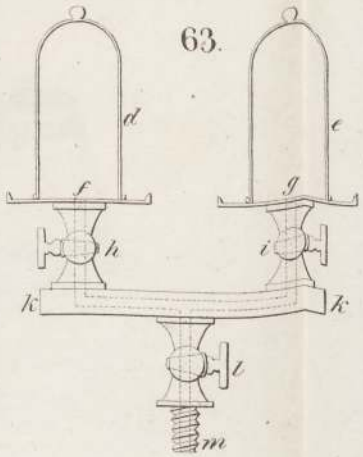


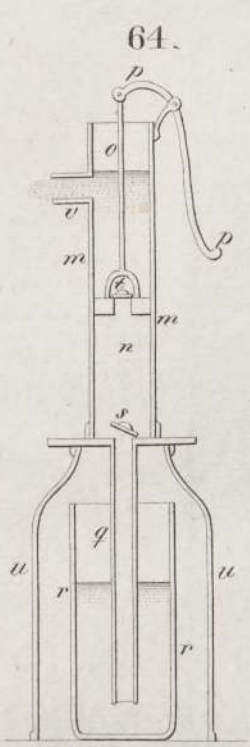
Wingt. Steentryk: A. Div.

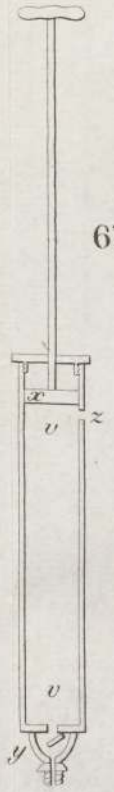
Mansa lith.

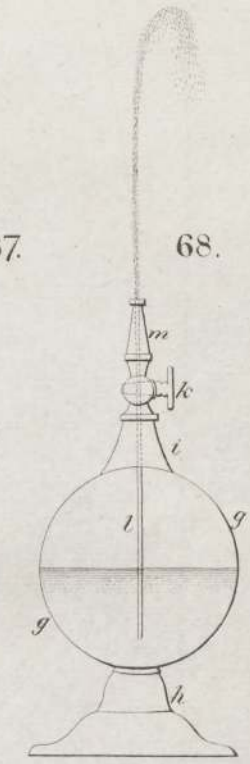


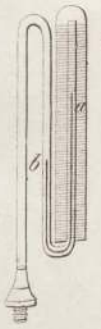


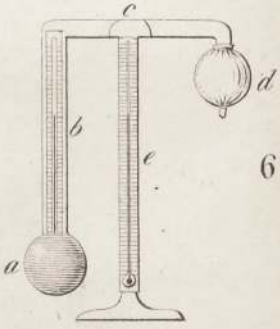


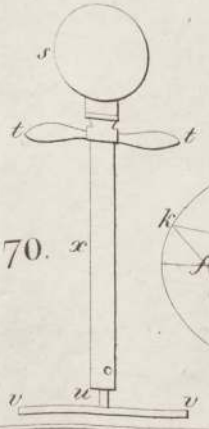


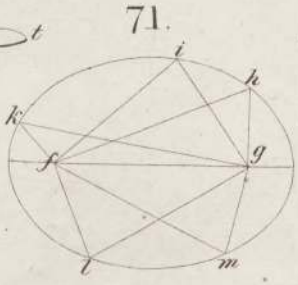


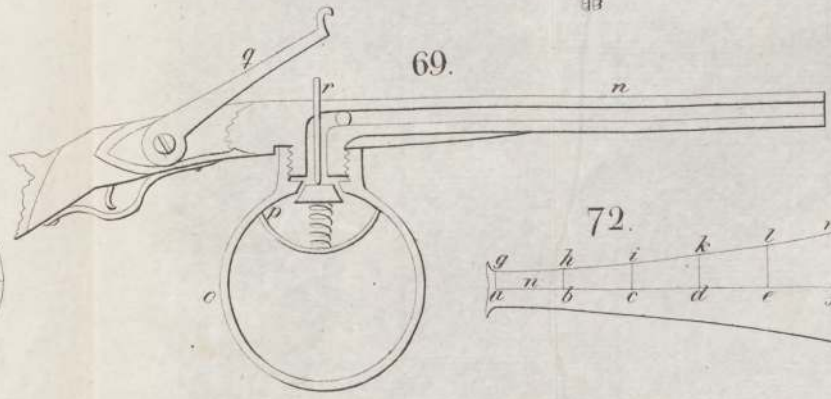


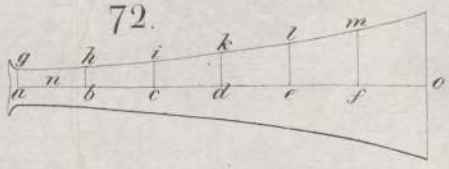






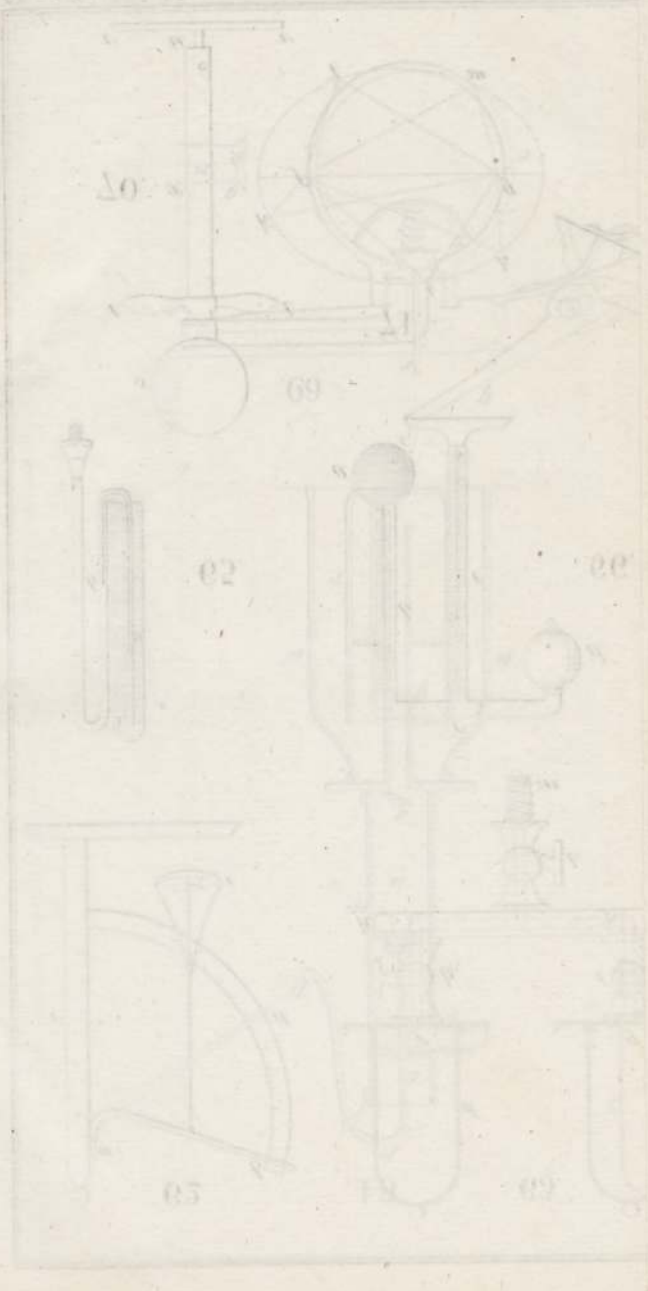


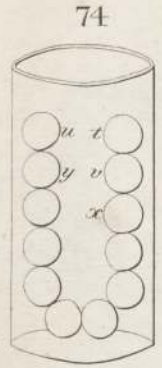




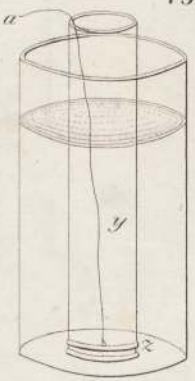
Kongl. Steentrykk. A. Dir.

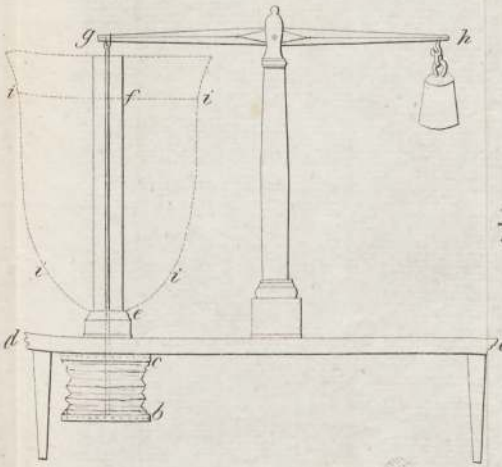
Munsa lith.

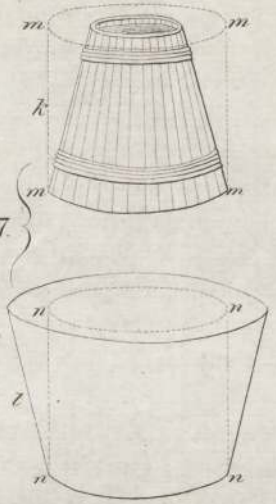


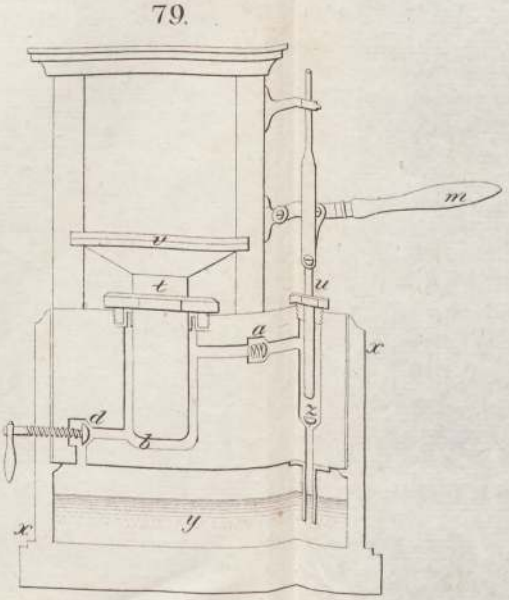


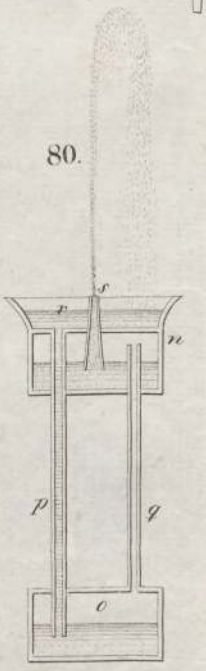


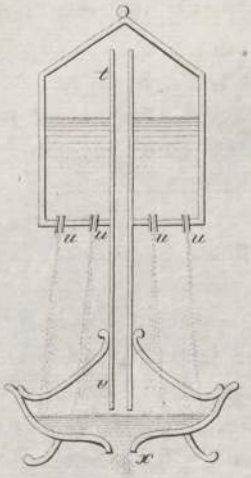






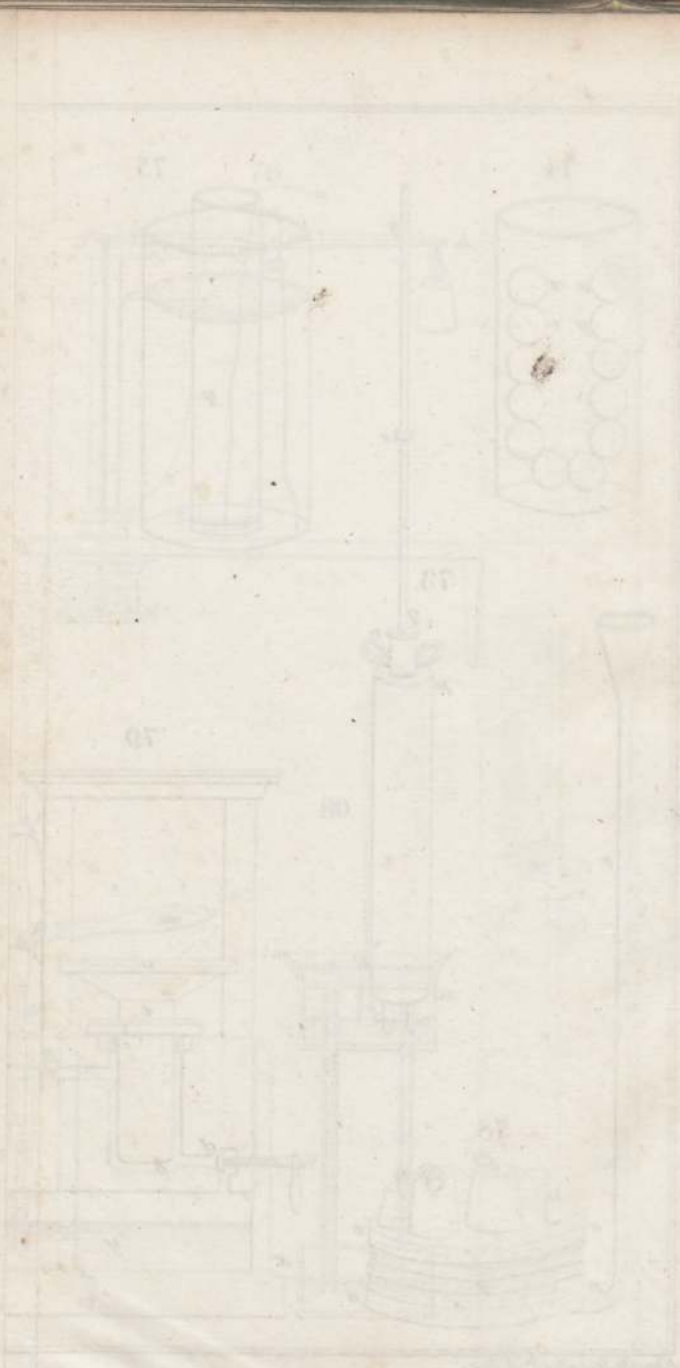


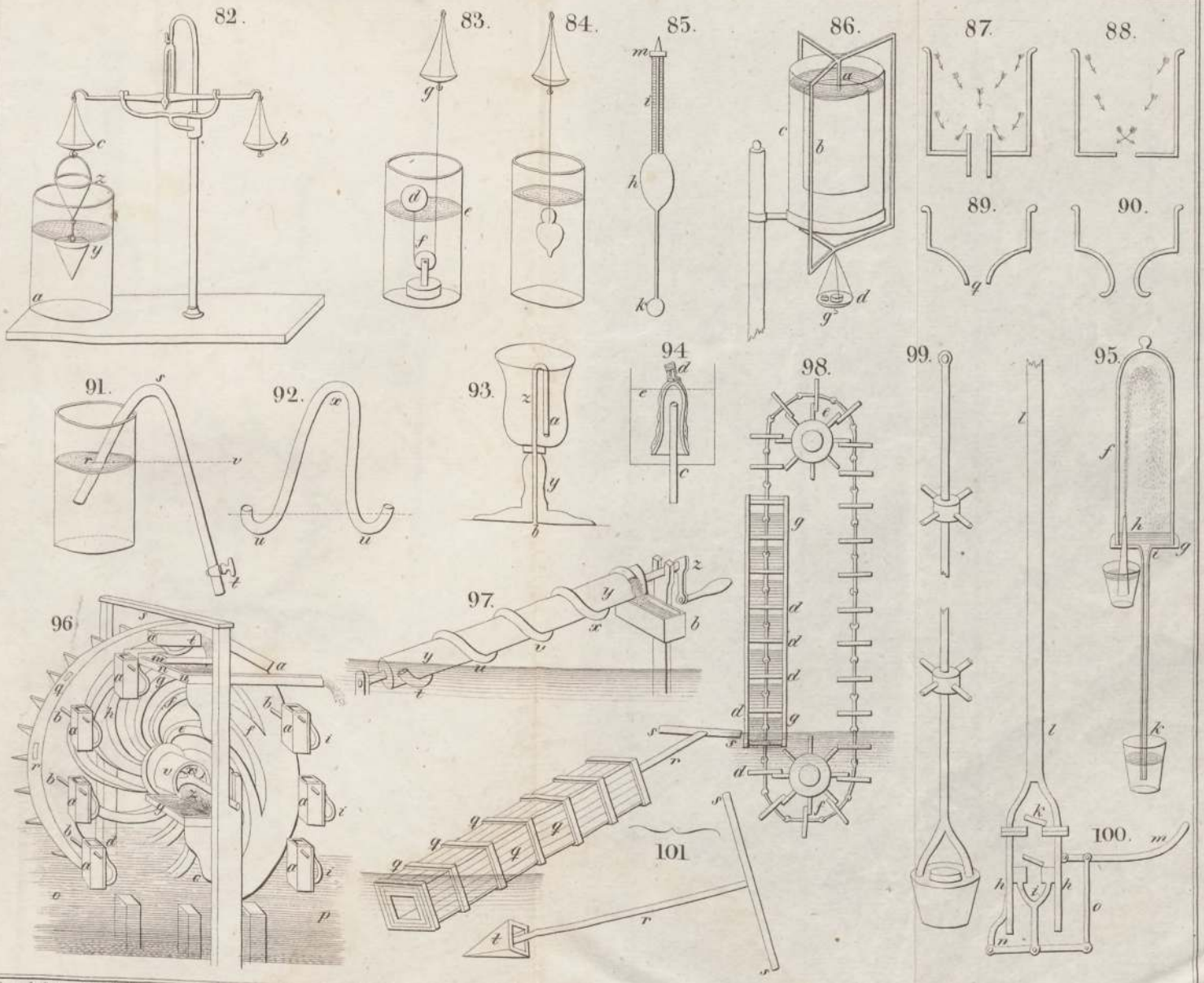




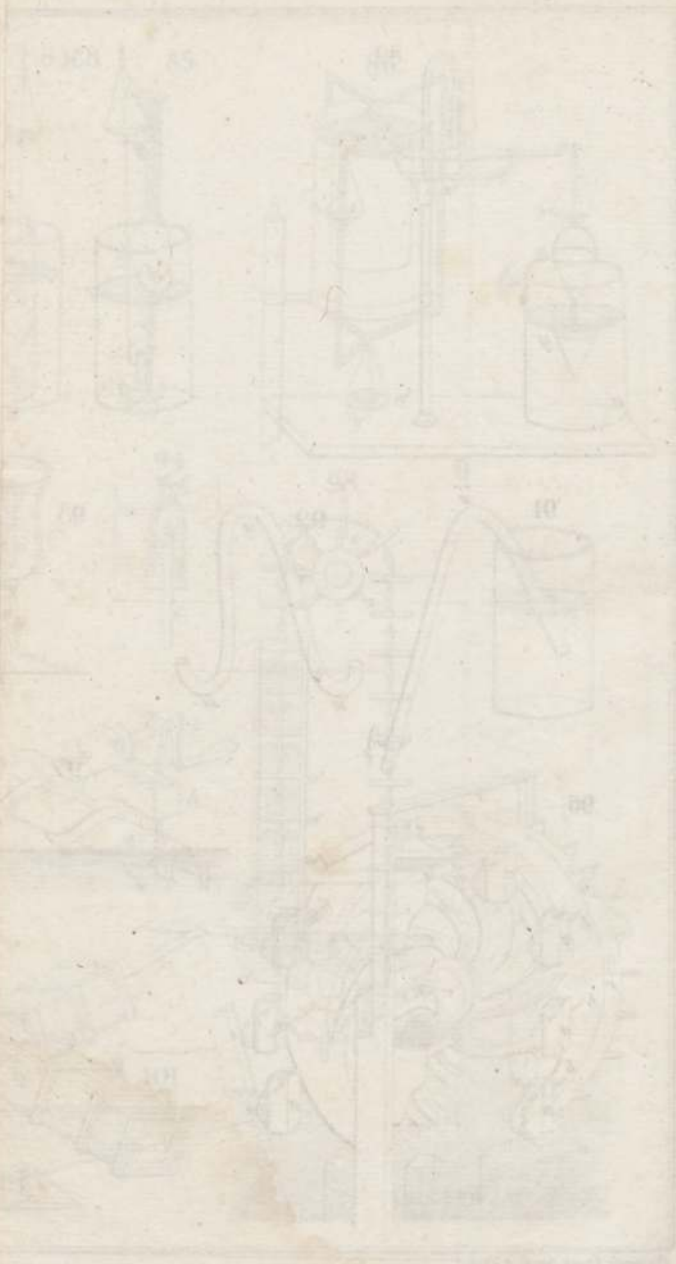
Knight Steentryk A. Dir.

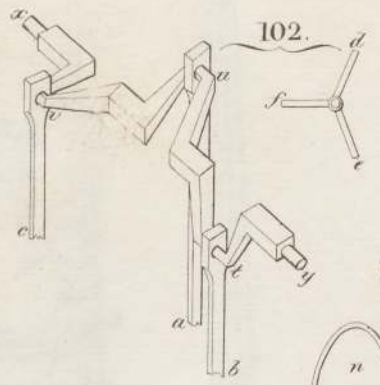
Mansa lith.

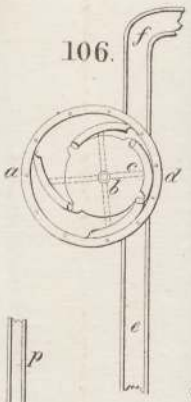


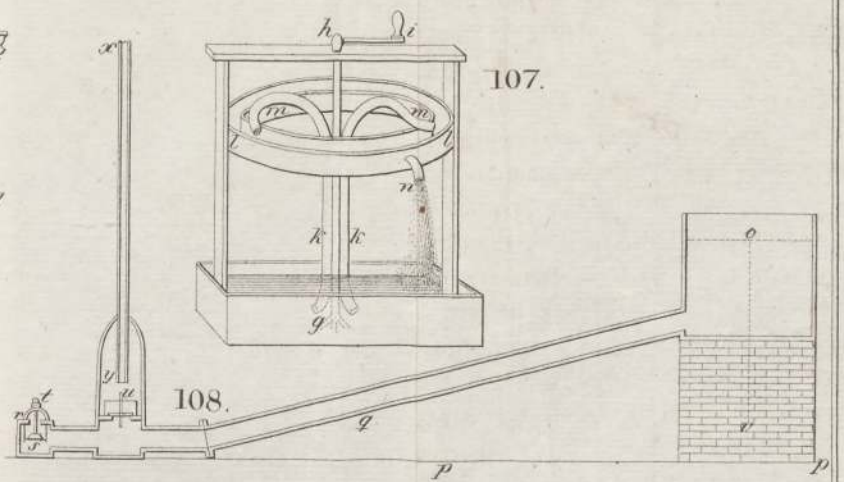


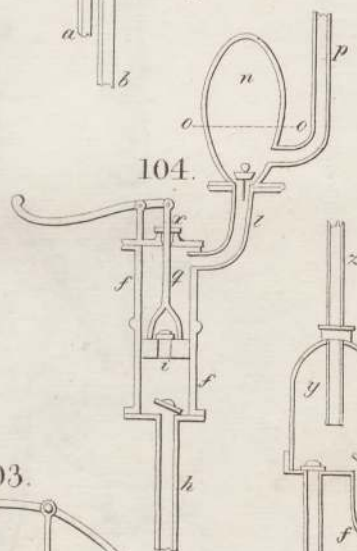
Kongle Steentryk-A. Dir.
Munsa lith.

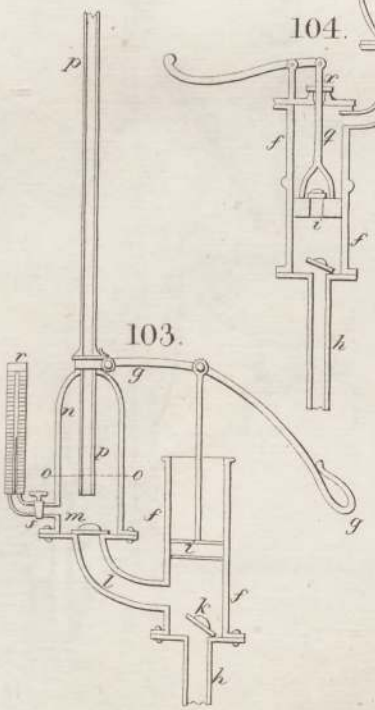


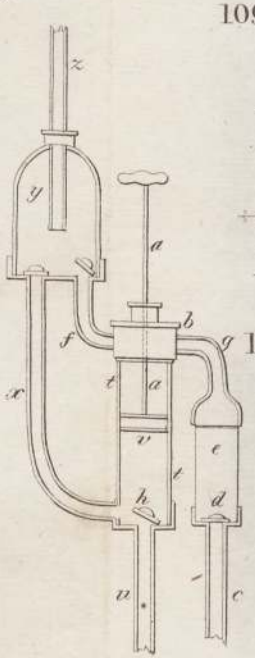


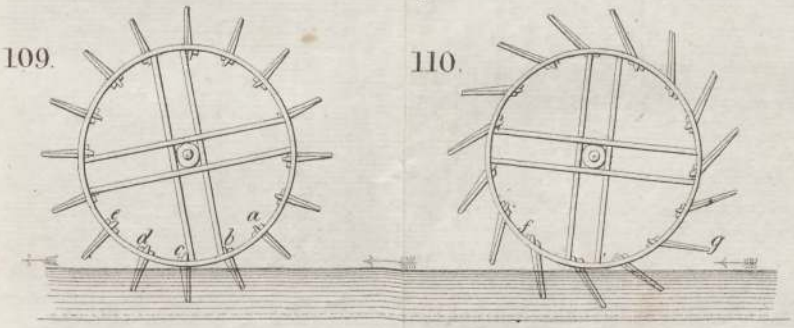


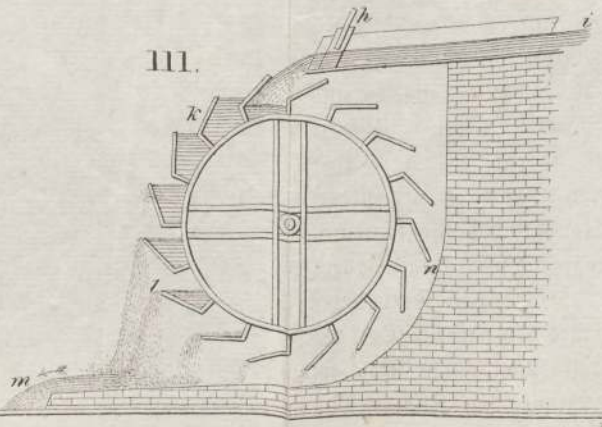






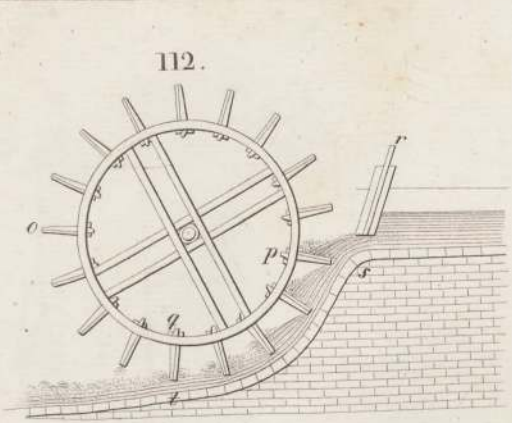


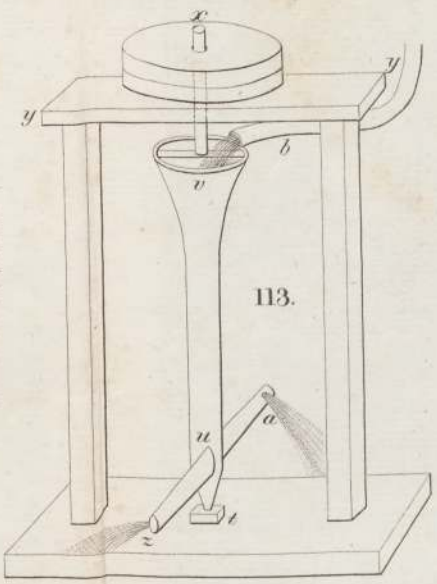


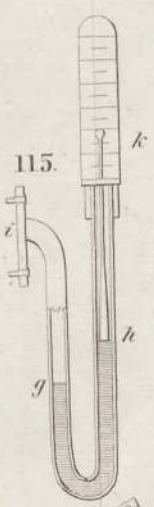


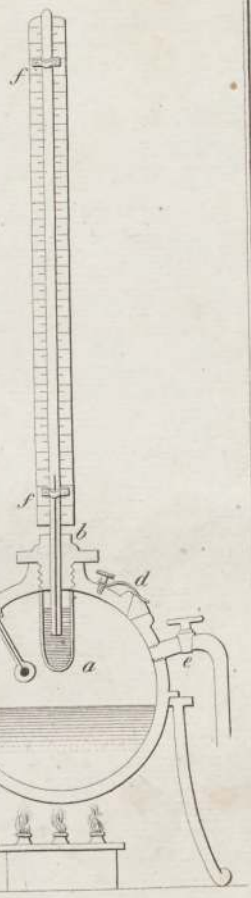
Kongl. Stentryk. A. Dir.
Mansa lith.

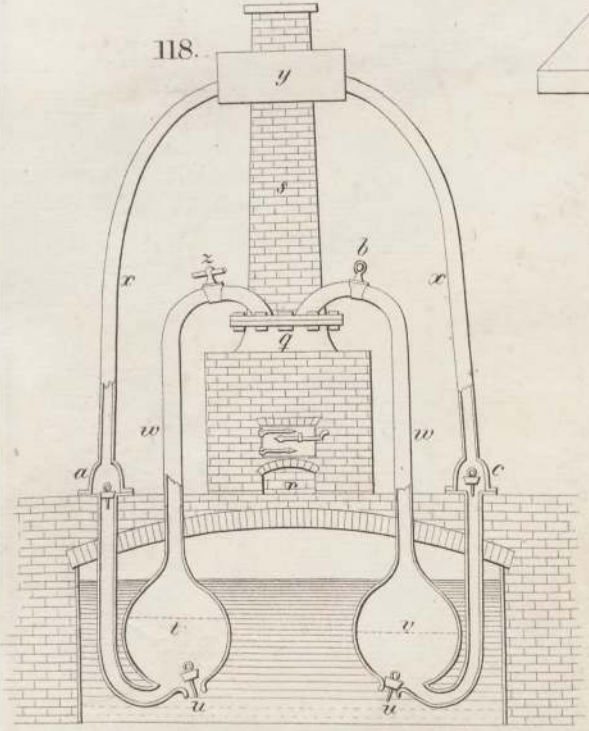


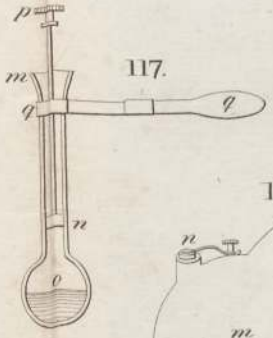


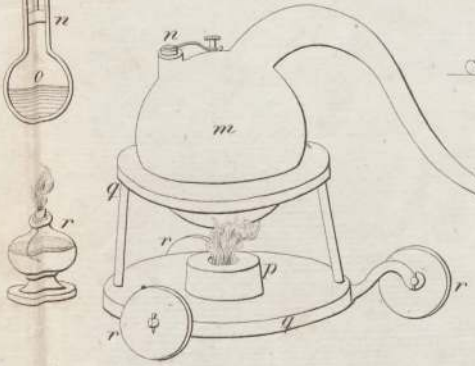




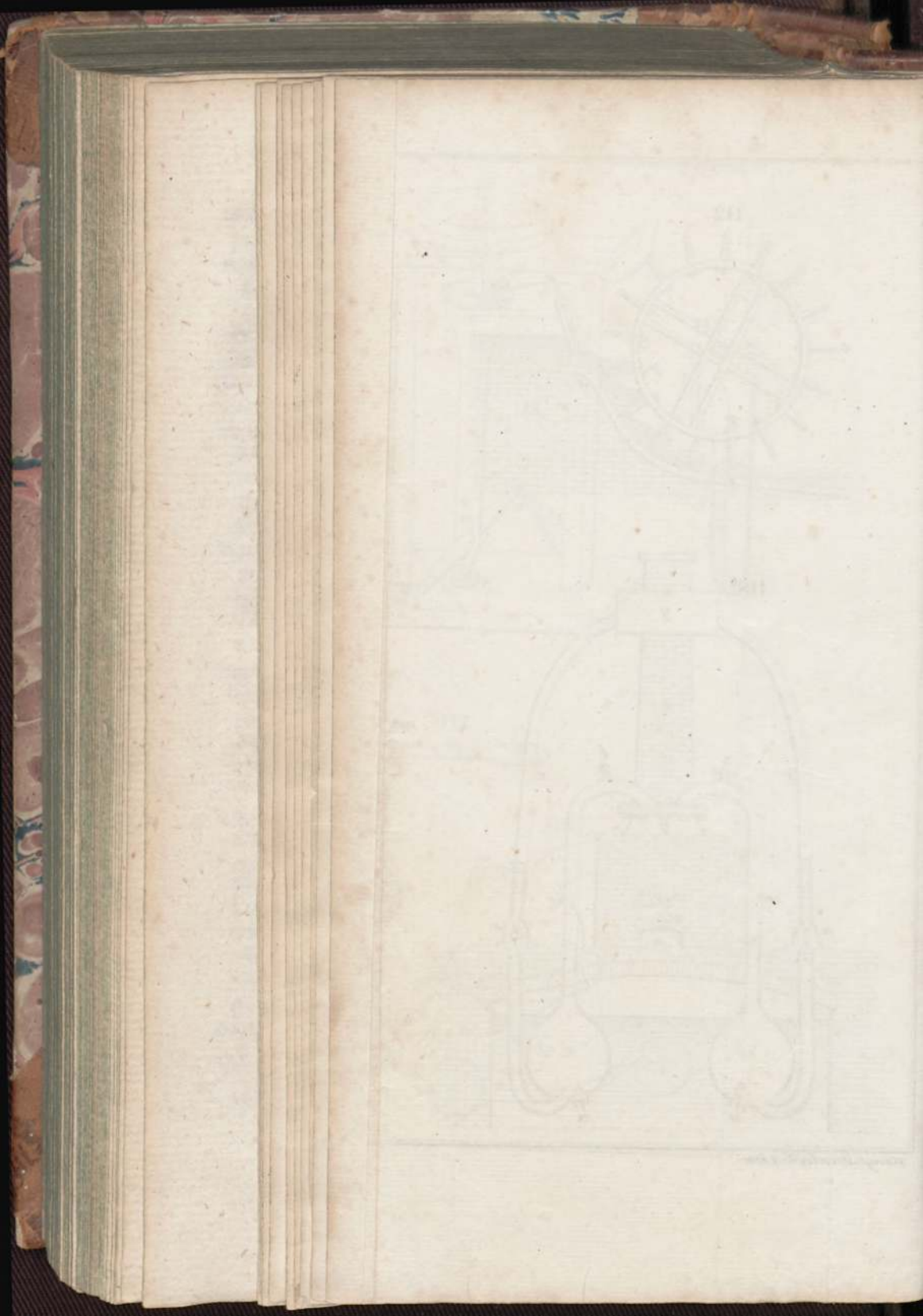




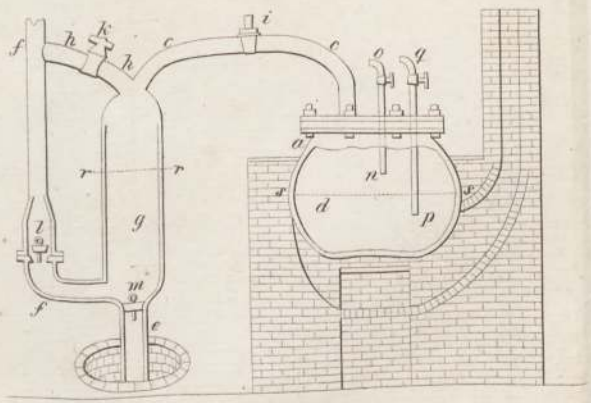




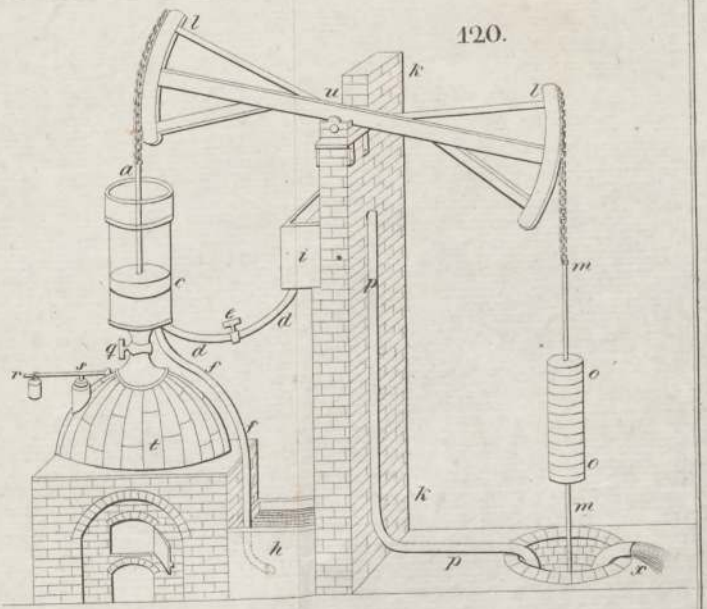
Kongl. Steentryk: A. Dir.
Mansa lith.



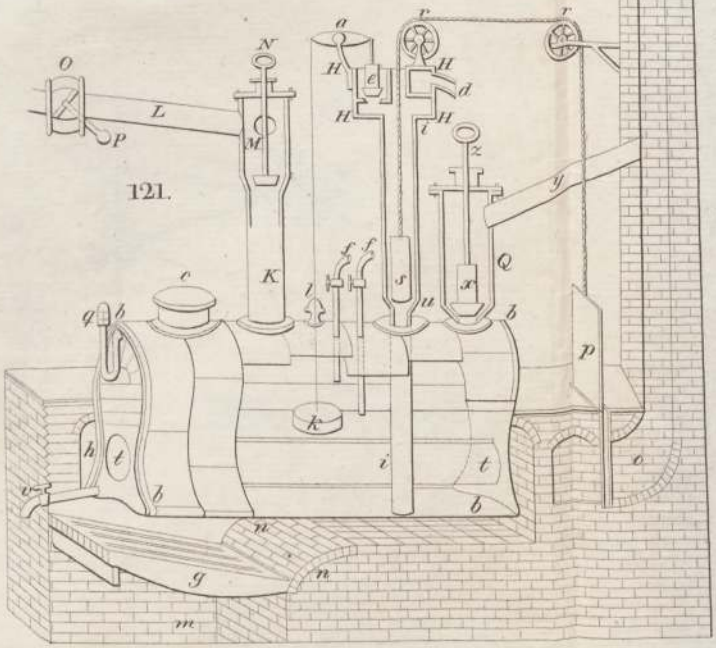
119.



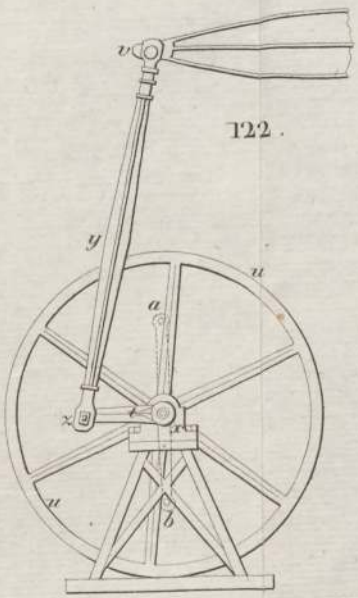
120.



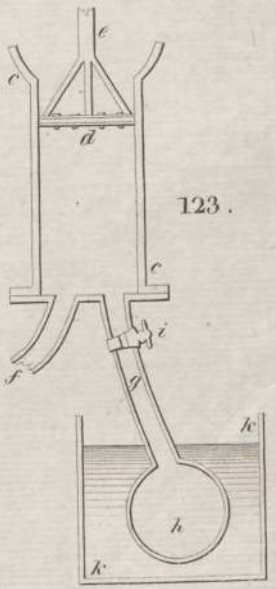
121.



122.



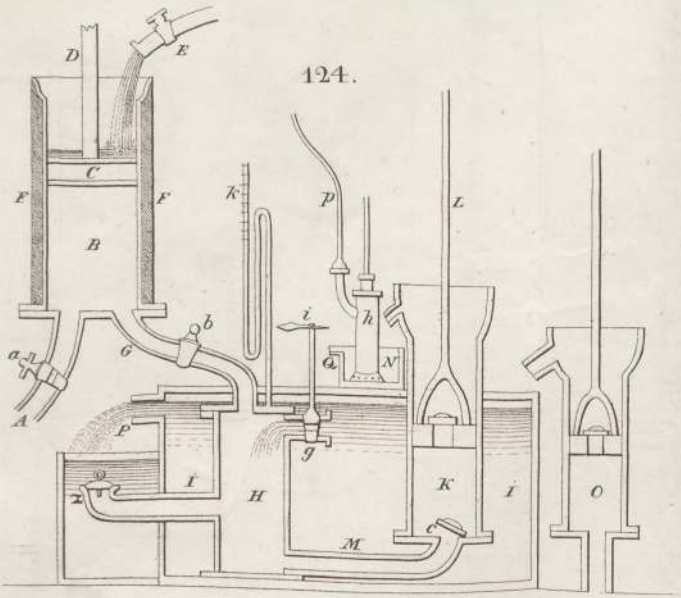
123.



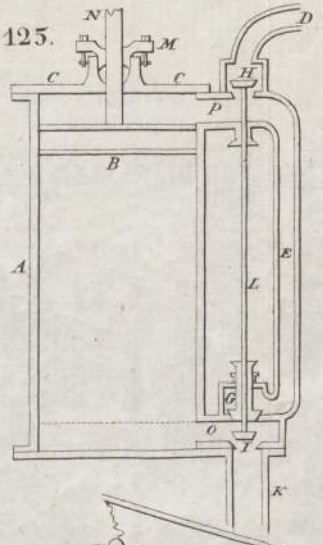
Kongl. Stentryk: A. Dir.

Munsa lith.

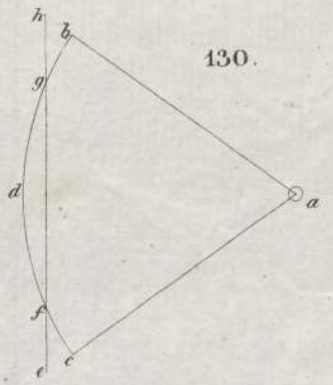
124.



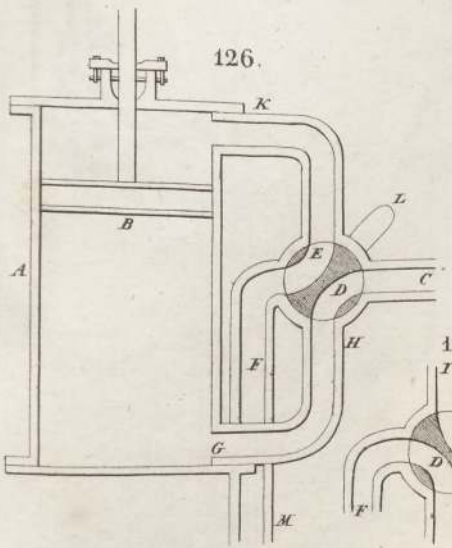
125.



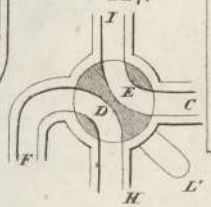
130.



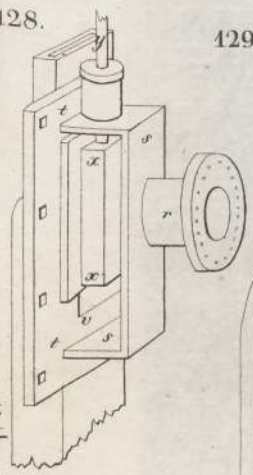
126.



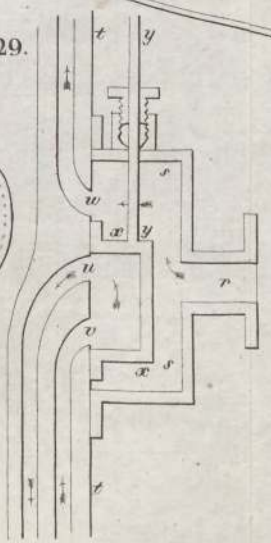
127.



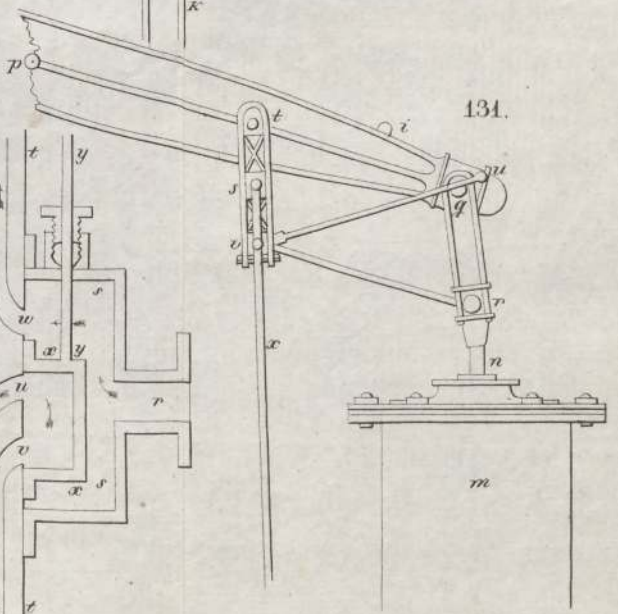
128.



129.

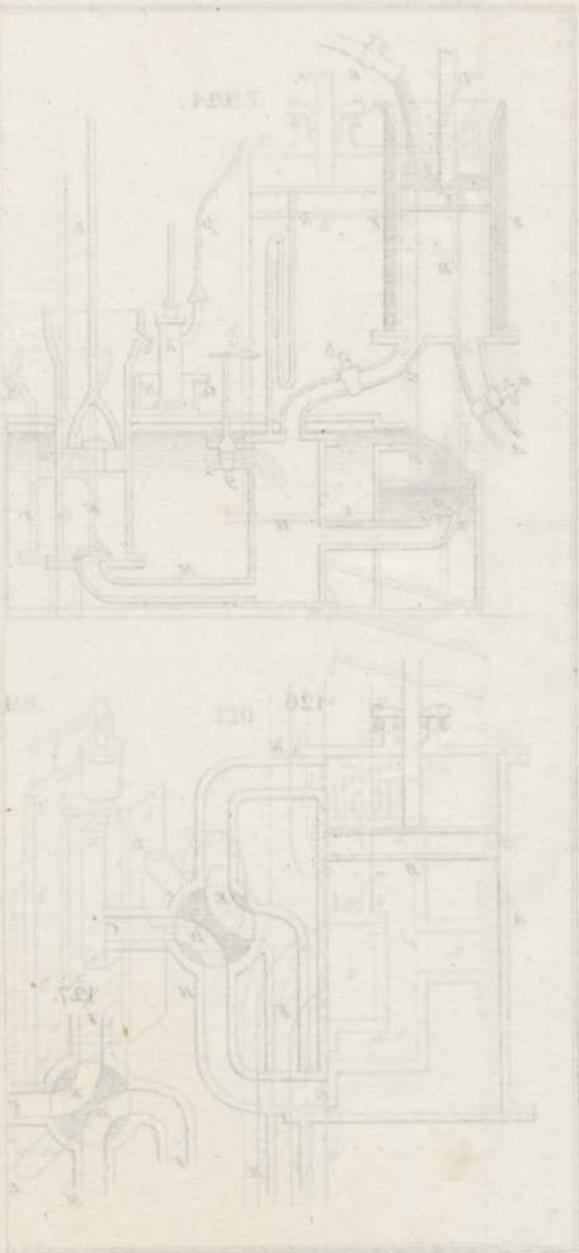


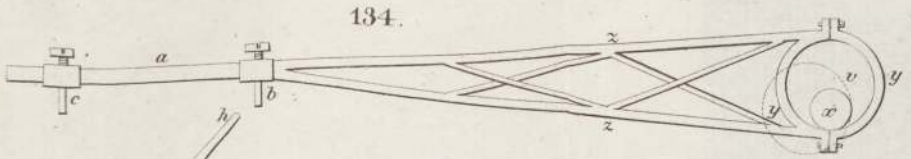
131.

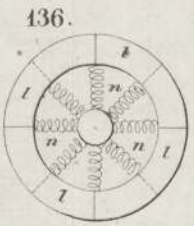


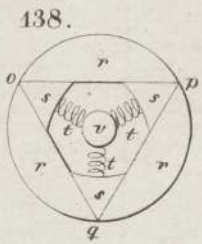
Kongel. Steentrykk. A. Dir.

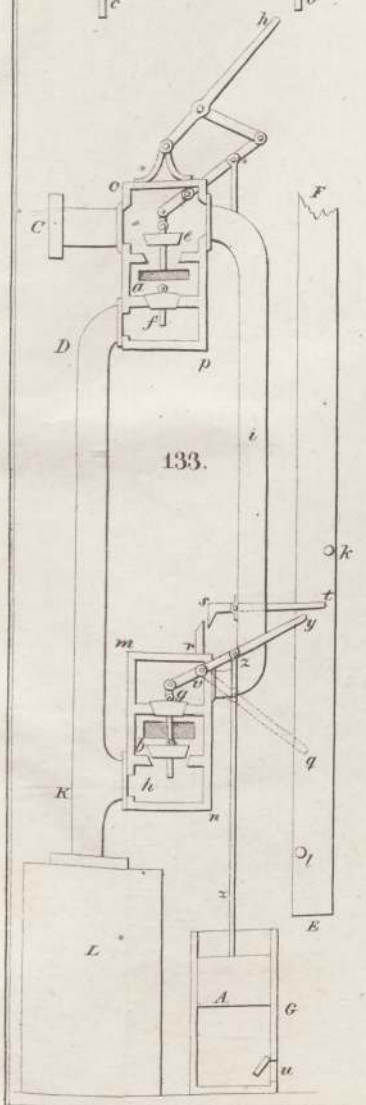
Mansa lith.

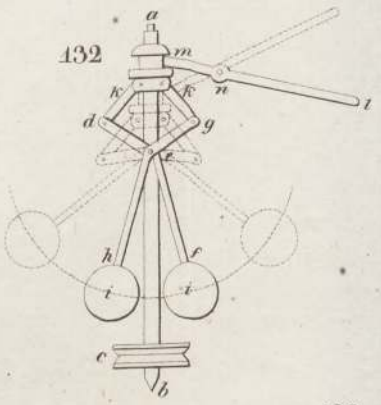


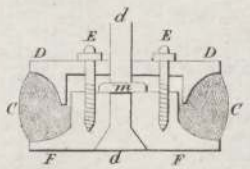

134.

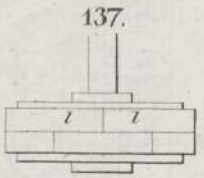

136.

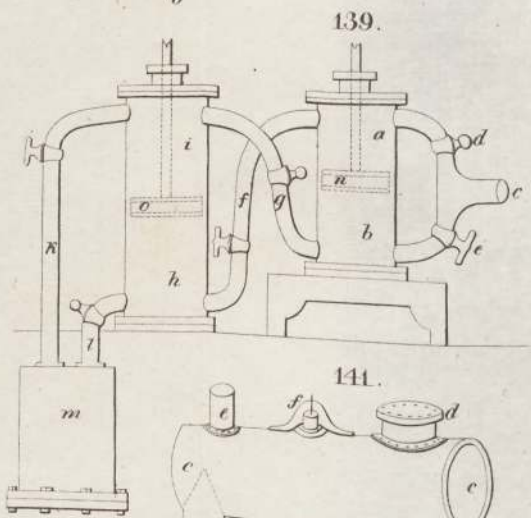

138.

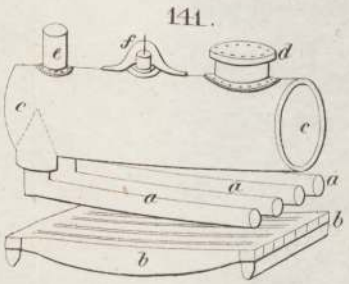

133.

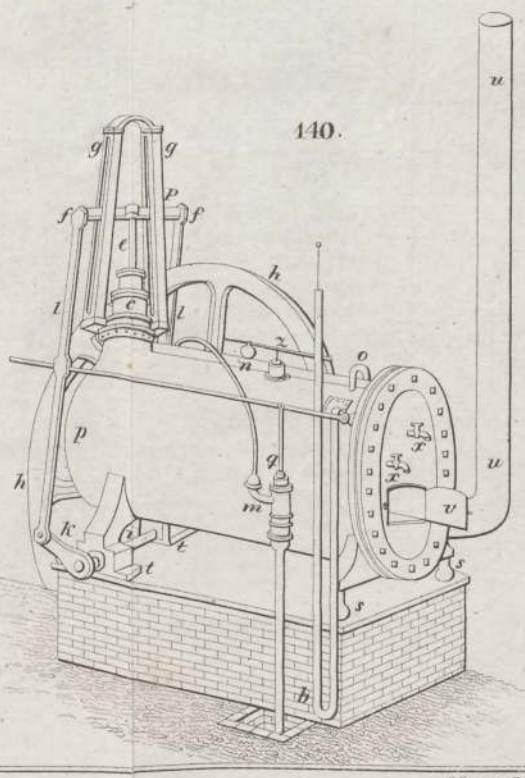

132.


135.


137.


139.


141.


140.

