

# I. Naturvidenskabelige Oplysninger.

## Kræfter.

I Naturen gælder den Lov, at et Legeme ikke forandrer sin Tilstand af Hvile eller Bevægelse, med mindre det modtager en Paavirkning udefra. En saadan Paavirkning, der kan sætte et hvilende Legeme i Bevægelse, eller som kan forandre Hastigheden, hvormed et Legeme bevæger sig, eller den Retning, i hvilken Bevægelsen foregaar, kaldes en **Kraft**.

Om Kræfternes Natur ved man intet, men derimod er man klar over, at de altid virker paa et bestemt Punkt i Legemerne, **Angrebepunktet**, at de søger at bevæge Legemerne i en vis **Retning**, samt at de har en vis **Størrelse**.

Den Kraft, hvis Virkninger er mest bekendte, er Tyngdekraften, som foraarsager Legemernes Fald mod Jorden. Lodlinien angiver Tyngdekraftens Retning.

Er der ingen Modstand til Stede, falder et Legeme under Paavirkning af Tyngdekraften med en stedse voksende Hastighed, men er Legemet understøttet og i Hvile, saa modvirkes Tyngdekraften af det opadvirkende Tryk, som udgaar fra Understøtningen. Denne sidste modtager selv et lige saa stort Tryk nedad, hvilket Tryk man kalder Legemets **Vægt**.

Enheden af Vægt er 1 Kilogram (kg, se Tillæget). Kilogrammet bruges som Maaleenhed for Kræfter, idet disse kan sammenlignes med Vægte.

Virker nemlig paa Legemet 1, Fig. 1, en Kraft i Pilens Retning, saa kan denne Krafts Virkning tænkes erstattet af Trækket af en vis Vægt, der er ophængt i en over en Tridse gaende Snor, som er fastgjort til Legemet. Dersom Vægtlodet vejer f. Eks. 5 kg, siges Størrelsen af den Kraft, der paavirker Legemet, at være 5 kg.

Naar et Tog er koblet til Tenderens Trækkrog, maa Lokomotivet udvikle en vis Kraft for at trække det, og denne Kraft, der altid er parallel med Skinnerne, kan maales i Kilogram. Man kan danne sig en Forestilling om, at det forholder sig saaledes, ved at tænke sig Toget erstattet af et stort Vægtlod, ophængt i et Tov, som er ført over en Tridse hen til Tenderens Trækkrog, Fig. 2.

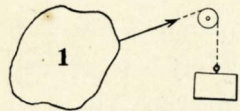


Fig. 1.

Den af Lokomotivet udviklede Trækkekraft vil være nøjagtig lig med Vægten i Kilogram af det ophængte Lod, i det mindste under Kørsel med ensformig Hastighed.

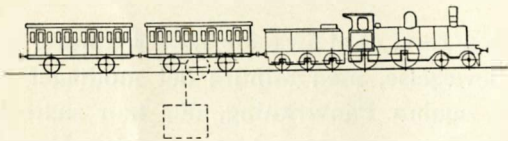


Fig. 2.

Man kan dog ikke i Praxis maale et Lokomotivs Trækkekraft direkte med Vægtlodder, men benytter i Stedet herfor et saakaldt Dynamometer, som be-

staar af en kraftig Dobbelt-Bladsfjeder, hvis Hovedblade ligger paa Fjedrens udvendige Side. Dynamometret anbringes under en Vogn og forbindes med dennes Trækstang paa den i Fig. 3 antydede Maade.

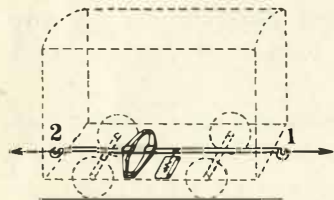


Fig. 3.

Lokomotivet kobles til Trækkrogen 1, Toget til Krogen 2, og naar Lokomotivet da trækker, vil Fjedren bøje sig mere eller mindre i Forhold til Trækkets Størrelse. En Blyant, som er fast forbunden med Trækstangen under Dynamometervognen, optegner Størrelsen af Fjedrens Gennembøjning paa en Papirstrimmel, der bevæger sig over to Valser. Naar man nu, forinden Fjedren anbringes

under Vognen, ved Forsøg har bestemt, hvor meget den bøjer sig igennem for forskellige Belastninger, kan man altsaa aflæse paa Papirstrømmelen, hvor stor Lokomotivets Trækkekraft har været i Kilogram. For at bestemme Værdien af Fjedrens Gennembøjninger ophænger man den, som vist i Fig. 4, og belaster den efterhaanden med større og større Vægt, idet man, hver Gang man har lagt et nyt

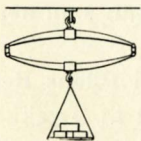


Fig. 4.

Lod paa Vægtskaalen, maaler Gennembøjningen og opskriver saavel denne som den tilsvarende Vægt.

Man kan dog ikke i Praxis maale et Lokomotivs Trækkekraft direkte med Vægtlodder, men benytter i Stedet herfor et saakaldt Dynamometer, som be-

## Kræfters Ligevægt, Sammensætning, Opløsning og Moment.

To lige store Kræfter, der virker efter den samme rette Linie og paa samme Punkt af et hvilende Legeme, men i modsat Retning, kan ikke sætte Legemet i Bevægelse. Man siger, at Kræfterne holder hinanden i Ligevægt.

Virker Kræfterne ikke efter samme rette Linie, men derimod under en Vinkel med hinanden, Fig. 5, vil de, hvis de er tilstrækkelig store, fremkalde Bevægelse, og Legemet vil i saa Fald bevæge sig i en Retning, der ligger imellem Kraftretningerne, thi Kraften 1 stræber at drage det ud af Kraften 2's Retningslinie ind i Vinklen  $aob$  imellem Kræfterne, og Kraften 2 søger ligeledes at drage det ud af Kraften 1's Retningslinie ind i den samme Vinkel.

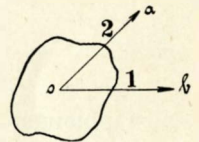


Fig. 5.

Den teoretiske Mekanik lærer, at dersom Linierne  $ab$  og  $ad$ , Fig. 6, baade i Retning og Størrelse betegner Kræfterne 1 og 2, saa vil Legemet bevæge sig i Retningen  $ac$ , altsaa efter Diagonalen i Parallelogrammet  $abcd$  (se Tillæget), og Bevægelsen vil blive, som om Legemet kun var paavirket af den enkelte Kraft, der i Størrelse og Retning repræsenteres af Linien  $ac$ . Figuren  $abcd$  kaldes **Kræfternes Parallelogram**, og Linien  $ac$  **Resultanten** af Kræfterne  $ab$  og  $ad$ .

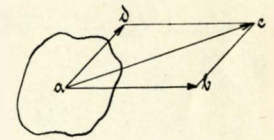


Fig. 6.

Paavirkes Legemet af en tredje Kraft 3, Fig. 7, som er lig og modsat Resultanten af Kræfterne 1 og 2, vil de 3 Kræfter holde hverandre i Ligevægt, og der kan ikke opstaa nogen Bevægelse.

Ved Hjælp af Kræfternes Parallelogram kan man baade sammensætte to Kræfter til en enkelt Kraft, der vil frembringe samme Virkning som disse, og opløse en Kraft i tvende andre, hvis forenede Virkninger kan erstatte dennes.

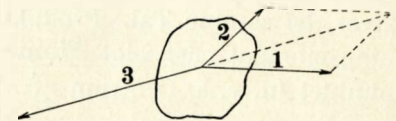


Fig. 7.

Lad saaledes i Fig. 8 Kraften 1 forestille Damptrykket paa Stemplet i en Lokomotivcylinder og Kraften 2 det Træk, som virker i Drivstangen paa Grund af Hjulets Modstand imod Be-

vægelsen, saa kan Kræfterne 1 og 2 sammensættes til Resultanten 3, som angiver Størrelsen af det Tryk, Krydshovedet udover imod den øverste Lineal.

Trækket 3 i Drivstangen, Fig. 9, kan omvendt opløses i de to Kræfter 1 og 2, der virker henholdsvis vinkelret paa og i Retning af Krumtaparmen. Kraften 1 bevirker Hjulets Omdrejning, Kraften 2 udøver et Tryk imod Akslen.

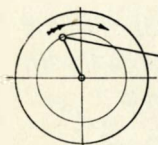


Fig. 8.

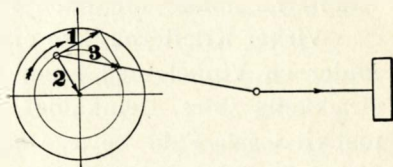


Fig. 9.

Ophænger man ved den ene Ende af en Stang, der kan dreje sig om en Aksel, et Vægtlod  $P$  kg, Fig. 10, kan man, som bekendt, forhindre Vægtloddet i at synke ned ved at udøve et vist Tryk nedad med Haanden paa den modsatte Ende af Stangen. Enhver ved ogsaa,

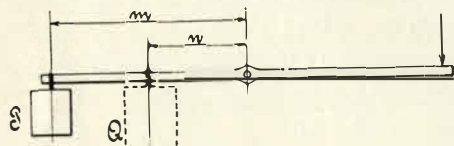


Fig. 10.

at man, uden at forøge Haandens Tryk paa Vægstangen, kan holde Ligevægt med en anden Vægt  $Q$  kg, der er meget større end  $P$ , naar den blot hænges op

paa et Sted af Stangen, som er tilstrækkelig meget nærmere ved Akslen end  $P$ 's Ophængningspunkt. Ad teoretisk Vej kan bevises, at Vægtene  $P$  og  $Q$  virker lige stærkt til Drejning af Stangen omkring Akslen, naar  $P \times m = Q \times n$ , altsaa naar Vægtene ved at multipliceres med deres Afstande fra Omdrejningspunktet giver det samme Tal. Produktet  $P \times m$  kaldes Vægtens Drejningsmoment eller blot **Moment** med Hensyn til Omdrejningspunktet (d. v. s. Centrum af Akslen).

Dersom Omdrejningspunktet laa i den ene Ende af Stangen, Fig. 11, maatte man løfte i den modsatte Ende af denne for at holde Ligevægt med Vægtloddet  $Q$ . Kraften  $P$  kg, hvorved der maatte løftes, kunde i dette Tilfælde findes af Lige-

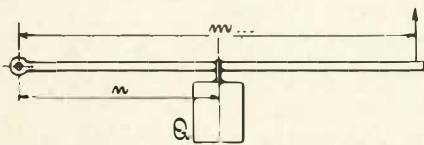


Fig. 11.

vægtsbetingelsen  $P \times m = Q \times n$ , hvoraf man vilde faa  $P = \frac{n}{m} \times Q$ .

Er der paa Stangen anbragt flere Vægte  $P$ ,  $Q$  og  $R$  kg i forskellige Punkter, Fig. 12, kan man holde Ligevægt med dem alle paa en Gang ved at trykke opad paa Stangen med en enkelt Kraft, som er  $(P+Q+R)$  kg, i et Punkt  $t$ , der er saaledes beliggende, at Momentet af Kraften  $P+Q+R$  netop er lig med Summen af de tre Vægtes Momenter. Kaldes Punktet  $t$ 's Afstand fra Omdrejningspunktet for  $x$ , maa altsaa  $(P+Q+R) \times x = P \times a + Q \times b + R \times c$ .

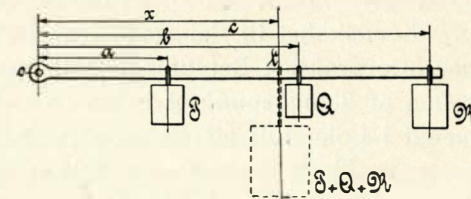


Fig. 12.

Hvis man tog Vægtloddene  $P$ ,  $Q$  og  $R$  bort og erstattede dem med et enkelt Lod, der vejede  $(P+Q+R)$  kg og var op-hængt i Punktet  $t$  (vist med punkterede Linier i Figuren), vilde dette nye Vægtlod og den i  $t$  anbragte, opadgaende Kraft holde hinanden i Ligevægt, fordi begge har samme Moment med Hensyn til Punktet  $o$ . Loddet  $(P+Q+R)$  kg, der saaledes frembringer samme Virkning som Lodderne  $P$ ,  $Q$  og  $R$  og altsaa kan træde i Stedet for disse, kaldes Resultanten af de 3 Vægte  $P$ ,  $Q$  og  $R$ .

## Tyngdepunkt.

Naar et Legeme falder under Paavirkning af Tyngdekraften, vil der, selv om det drejer sig under Faldet, altid være et enkelt Punkt i Legemet, som stadig følger Lodlinien og altsaa stadig bevæger sig i den virkende Krafts Retning. Legemets fremadskridende Bevægelse i Kraftretningen bliver altsaa som dette Punkts Bevægelse, og man kan derfor tænke sig Kraften virkende alene paa Punktet og hele Legemets Masse samlet i dette. Punktet kaldes for Legemets Tyngdepunkt (Tyngdekraftens Angrebspunkt). Man kan finde dets Beliggenhed ved Beregning eller Forsøg.

Ophænges en tynd Metalskive i en Traad i Punktet 1, Fig. 13, vil Traaden indstille sig efter Lodlinien, og dennes Retning 1—2 kan mærkes af paa Skiven. Hænger man derefter Skiven op i Traaden i et andet Punkt 3 og afmærker Lodlinien 3—4, saa

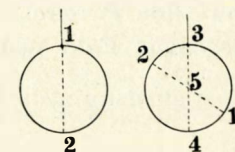


Fig. 13.

vil Linierne 1—2 og 3—4 skære hinanden i et Punkt 5, der viser, hvor Skivens Tyngdepunkt er beliggende. Selve Tyngdepunktet ligger ikke paa Skivens Overflade, men inden for Punktet 5 midt i Materialet. Erfaringen viser, at i hvilket Punkt man end ophænger Skiven, saa vil Lodlinien altid gaa gennem 5.

Kendskabet til Beliggenheden af Tyngdepunktet i et Legeme har ofte praktisk Betydning. Man maa saaledes kende Beliggenheden af Tyngdepunktet i den Del af et Lokomotiv, der er ophængt i Lokomotivets Bærefjedre, for at kunne bestemme Hjul-sættenes Plads saaledes, at Belastningen fordeler sig paa dem paa en hensigtsmæssig Maade.

### Legemers Masse.

Virker en Kraft med uforanderlig Styrke (en konstant Kraft) paa et Legeme, som er i Bevægelse i Kraftens Retning, vil den forøge Legemets Hastighed lige meget i hvert Sekund. Er Hastigheden i et vist Øjeblik  $v$ , og kaldes Hastighedsforøgelsen  $g$ , saa vil altsaa Legemet, naar et Sekund er gaaet, have Hastigheden  $v + g$ , naar to Sekunder er gaaede, Hastigheden  $v + g + g = v + 2 \times g$  o. s. v.

Blev Kraften dobbelt saa stor, vilde Hastighedsforøgelsen for det samme Legeme ogsaa blive dobbelt saa stor; blev Kraften tre Gange saa stor, vilde Hastighedsforøgelsen blive tre Gange saa stor og saa fremdeles. Hastighedsforøgelserne staar altsaa i det samme Forhold til hverandre som de Kræfter, der frembringer dem. Hvis derfor en Kraft af  $P$  kg meddeler det betragtede Legeme en Hastighedsforøgelse af  $G$  Meter (m) i Sekundet, medens en anden Kraft af  $p$  kg meddeler det en Hastighedsforøgelse af  $g$  m i Sekundet, saa maa  $\frac{G}{g} = \frac{P}{p}$  eller  $\frac{P}{G} = \frac{p}{g}$  (se Tillæget).

Forholdet  $\frac{P}{G}$  mellem Kraften og den af samme frembragte Hastighedsforøgelse, hvilket altsaa er konstant for et og samme Legeme, kaldes Legemets **Masse**. Var Tyngdekraften den bevægende Kraft, saa vilde  $P$  være lig med Legemets Vægt, og foregik endvidere Legemets Fald ned imod Jorden frit i et lufttomt Rum, vilde Hastighedsforøgelsen være 9,81 m i hvert Sekund.  $\frac{P}{G} = M$  vilde i

saa Fald blive lig med  $\frac{\text{Legemets Vægt}}{9,81}$ . Man lærer heraf, at et

Legemes Masse kan findes ved at dividere Tallet 9,81 ind i Legemets Vægt, udtrykt i kg.

### Centrifugalkraft.

Fastgøres en tung Sten i en Snor og svinges den hurtigt rundt med Haanden, vil man mærke, at Stenen trækker kraftigt i Snoren, Dette Træk fremkommer ved, at Stenen tvinges til at bevæge sig rundt i en Cirkelbue, og kaldes Centrifugalkraften. Dersom Snoren brister, eller dersom man giver Slip paa den, vil Stenen øjeblikkelig forlade den cirkelformede Bane efter en ret Linie, som berører denne, en saakaldt Tangent til Cirklen.

Centrifugalkraften vokser, naar Omdrejningshastigheden forøges, og den vokser ligeledes, naar man gør Snoren længere, men holder Antallet af Omdrejninger i Minuttet uforandret. Dens Størrelse er endelig afhængig af Stenens Vægt.

Man kan bestemme Centrifugalkraftens Størrelse forsøgsvis ved Hjælp af Apparatet Fig. 14. Dette bestaar af en om en Akse drejelig, tyk Skive 1, hvori der radiale er anbragt en Slidse, i hvilken en Jernklods 2 kan bevæge sig i Retningen bort fra eller hen imod Skivens Centrum. Klodsen er ved Spiralfjedren 3 forbunden med Skiven og bærer en Skrivestift 4, der kan aftegne dens Udslag paa Papirstrimmen 5, som er fastgjort til en Vinkel paa Skiven.

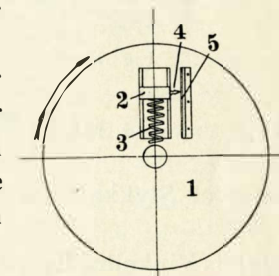


Fig. 14.

Fjedren er forinden Anbringelsen tareret, d. v. s. man har ved Paahængning af Vægtlodder bestemt, hvor meget den strækker sig ved forskellige Belastninger.

Sættes Skiven i en omdrejende Bevægelse, vil Klodsen fjerne sig fra Centrum paa Grund af Centrifugalkraften, og dennes Størrelse kan da findes for forskellige Omdrejningshastigheder ved Aflæsning af Fjedrens Strækning.

Man kan beregne Centrifugalkraften, naar man kender Klodsens Masse  $M$ , dens Tyngdepunkts Afstand  $r$  m fra Skivens Centrum i et givet Øjeblik samt Skivens tilsvarende Vinkelhastighed  $v$ , hvorved man forstaar den Hastighed, udtrykt i Meter i Sekundet, hvormed et Punkt i 1 m Afstand fra Skivens Centrum bevæger sig rundt. Formlen er:

$$\text{Centrifugalkraften } C = M \times r \times v \times v.$$

I Stedet for Massen  $M$  kan indsættes Vægten af Klodsen  $P$  divideret med  $9,81$  (Side 8), og Udtrykket faar da Formen

$$C = \frac{P}{9,81} \times r \times v \times v$$

Centrifugalkraften spiller en betydelig Rolle ved Lokomotivers og Vognes Bevægelse. Betragter man saaledes et almindeligt Vognhjul, Fig. 15, i hvilket der i Nærheden af Hjulkransen er anbragt en lille Overvægt, vil man finde, at denne paa Grund af Centrifugalkraftens Indvirkning kan komme til at gribe meget

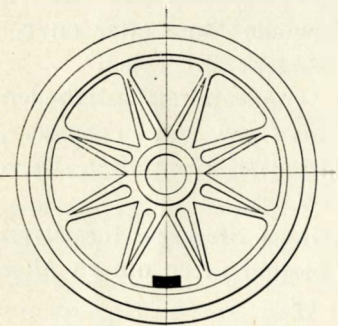


Fig. 15.

forstyrrende ind i Hjulets rolige Løb. Lad os antage, at Overvægten vejer 4 kg, at dens Tyngdepunkts Afstand fra Hjulcentret er  $0,46$  m, samt at Hjulet løber med en Fart af 90 Kilometer (km) i Timen. Da Hjulets Diameter paa Løbefladeren er ca.  $1,09$  m, vil den under en Omdrejning gennemløbne Vej være

$$3,14 \times 1,09 = 3,423 \text{ m}$$

(se Tillæget). Med en Fart af 90 km = 90000 m i Timen bliver den tilbage-

lagte Vej i et Minut  $\frac{90000}{60} = 1500$  m, og for at tilbagelægge saa

langt et Stykke maa Hjulet gøre  $\frac{1500}{3,423} = \text{ca. } 438$  Omdrejninger.

Hjulets Vinkelhastighed er derefter  $\frac{2 \times 3,14 \times 438}{60} = 45,8$  m i Sekun-

det, og den paa Overvægten virkende Centrifugalkraft

$$C = \frac{4}{9,81} \times 0,46 \times 45,8 \times 45,8 = \text{ca. } 393 \text{ kg,}$$

altsaa næsten 100 Gange saa stor som Overvægten. Denne Kraft forøger Trykket mod Skinnerne, naar Hjulet er i Stillingen I,

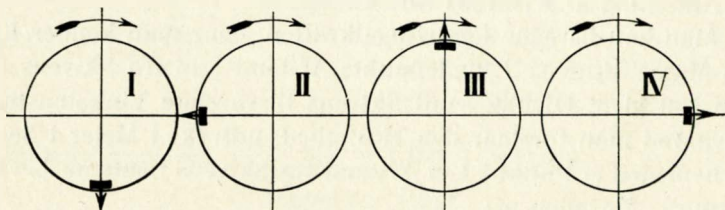


Fig. 16.

Fig. 16, og formindsker det, naar Hjulet indtager Stillingen III, hvoraf følger et ujævnt Slid af Bandagen. I Stillingerne II og IV virker Kraften skiftevis til højre og venstre i horisontal Retning og frembringer Svingninger af Hjulsættet paa langs ad Sporet, hvilke forplanter sig til Vognen og gør dens Gang urolig.

Det er for at undgaa disse Ulemper, at man afbalancerer (ekvilibrerer) Hjulsættene i Værkstederne. Et enkelt Hjul er afbalanceret, naar det, anbragt paa en Dorn og hængende paa en Drejebænks Pinoler, er i Hvile i en hvilken som helst Stilling. Findes der et Sted i Hjulet en Overvægt, vil denne paa Grund af Tyngdekraftens Paavirkning stræbe at indtage den lavest mulige Plads, og Hjulet vil i saa Fald dreje sig saaledes, at Overvægten altid befinder sig lodret under Dornen, og det vil ikke være i Hvile i nogen anden Stilling.

Hele Hjulsæt afbalanceres ved Hjælp af et særligt til dette Brug konstrueret Apparat. Hjulsættet hviler i Lagere, af hvilke det ene er faststaaende, medens det andet er ophængt i Pendul, og under Afbalanceringen sættes det i hurtig Omdrejning. Er Massen ikke ligelig fordelt i det Hjul, som befinder sig nærmest ved Pendullageret, vil dette Lager komme i Svingninger, der giver Oplysning om, paa hvilket Sted af Hjulet der er et Overskud af Materiale til Stede. Ved Anbringelse af Kontravægte af passende Størrelse søger man at ophæve Svingningerne, og naar dette er naaet, er det paagældende Hjul afbalanceret. Hjulsættet vendes derpaa, og Eksperimentet gentages med det andet Hjul. For at dæmpe Svingningerne af Pendullageret er dette paa begge Sider støttet af Spiralfjedre.

## Arbejde.

At bevæge et Legeme under en stadig Modstand kalder man et Arbejde. At løfte en Vægt til en vis Højde er saaledes et Arbejde, fordi Tyngdekraften bestandig modvirker Løftningen. Jo større Modstanden er, og jo længere Vejen, paa hvilken den skal overvindes, er, desto større er Arbejdet. At løfte 10 kg 1 m i Vejret er saaledes et 10 Gange større Arbejde end at løfte 1 kg 1 m. Størrelsen af et Arbejde kan derfor maales ved at multiplicere Modstanden eller den Kraft, der overvinder den, udtrykt i kg, med den gennemløbne Vej, udtrykt i m. Det, der udkommer ved Multiplikationen, kaldes Kilogrammeter (kgm). 1 Kilogram-

meter (9: 1 kg  $\times$  1 m) er den til de valgte Enheder for Vægt og Længde svarende Arbejdsenhed.

Dersom Trækkekraften i en Tenders Trækkrog er 1000 kg, medens Toget tilbagelægger en Vejlængde af 10 km eller 10000 m, saa er det udførte Arbejde 1000  $\times$  10000, d. v. s. 10 Millioner kgm.

### Hestekraft.

Ved Fastsettelsen af Arbejdsenheden er der i det foregaaende ikke taget Hensyn til den Tid, der medgaar til Arbejdets Udførelse.

Man kan imidlertid ikke faa en klar Forestilling om det Arbejde, en Maskine præsterer, naar man kun angiver dette i kgm uden samtidig at tilføje Oplysning om, hvor lang Tid der er medgaaet til at udføre Arbejdet. Derfor bruger man ved Maaling af Maskiners Arbejde at angive dette ved Antallet af kgm, som er udviklede i 1 Sekund.

Et Lokomotiv, som kører med en Hastighed af 90 km i Timen eller  $\frac{90000}{60 \times 60} = 25$  m i Sekundet, og som udøver en Trækkekraft af 1800 kg, præsterer saaledes et Arbejde af 1800  $\times$  25 = 45000 kgm i Sekundet.

For at undgaa Anvendelsen af for store Tal har man indført en større Arbejdsenhed end kgm, nemlig en Hestekraft (HK), som er lig med 75 kgm i 1 Sekund. En Hestekraft kan altsaa løfte 75 kg 1 m i Vejret i 1 Sekund. Benævnelsen hidrører fra, at en kraftig Hest omtrent har denne Styrke.

Det ovenfor omtalte Lokomotiv har med Anvendelsen af den sidstnævnte Arbejdsenhed en Styrke af  $\frac{45000}{75} = 600$  HK.

### Levende Kraft.

Det er en bekendt Sag, at et tungt Legeme, som er sat i Bevægelse af en Kraft og har opnaaet en vis Hastighed, kan fortsætte sin Bevægelse i kortere eller længere Tid, efter at Kraften har ophørt med at virke, selv om det møder Modstand, som maa overvindes. Idet Legemet overvinder Modstanden, udfører det et Arbejde og virker altsaa som en Kraft, men det taber samtidig lidt efter lidt sin Hastighed. Størrelsen af det Arbejde,

som Legemet er i Stand til at udføre, er afhængig af Legemets Masse  $M$  og af Bevægelsens Hastighed  $v$ .

Det kommer i saa Henseende an paa Værdien af Produktet  $\frac{1}{2} \times M \times v \times v$ , som man har vedtaget at kalde for Legemets levende Kraft. Da Legemet taber sin Hastighed under Overvindelsen af Modstanden imod dets Bevægelse, maa samtidig dets levende Kraft aftage, thi Værdien af Produktet  $\frac{1}{2} \times M \times v \times v$  bliver mindre, naar  $v$  formindskes.

Var Legemets Hastighed i det Øjeblik, da den bevægende Kraft ophørte at virke,  $v$  m i Sekundet, og er den paa et senere Tidspunkt aftaget til  $c$  m i Sekundet, saa gælder den Regel, at Størrelsen af det af Legemet udførte Arbejde kan maales ved  $\frac{1}{2} \times M \times v \times v \div \frac{1}{2} \times M \times c \times c$ , eller med andre Ord ved Tabet i levende Kraft.

Vi vil ved et Eksempel vise, hvorledes Reglen kan anvendes i Praksis. Lad os tænke paa et Tog, der vejer 200 Tons (t) eller 200000 kg, og som bevæger sig paa lige og horisontal Bane med en Fart af 60 km i Timen i det Øjeblik, da Lokomotivføreren lukker af for Dampen. Toget løber paa dette Tidspunkt med en

Hastighed  $v = \frac{60000}{60 \times 60} = \text{ca. } 16,7$  m i Sekundet, og dets levende

Kraft er altsaa  $\frac{1}{2} \times \frac{200000}{9,81} \times 16,7 \times 16,7 = \text{ca. } 2842916$  kgm. Naar

Bevægelsen er ophørt, er hele den levende Kraft opbrugt til Overvindelse af Togmodstanden, og vi kan da finde, hvor langt Toget har løbet, inden det standsede. For Simpelteds Skyld vil vi antage, at Togmodstanden, der iøvrigt forandrer sig noget med Hastigheden, er konstant og lig med 1000 kg. Denne Modstand har Toget overvundet paa en Vejlængde af  $s$  m, og derved har det udført et Arbejde, som er lig med 1000  $\times$   $s$  kgm. Man maa da have:

$$1000 \times s = 2842916 \text{ eller } s = \frac{2842916}{1000} = \text{ca. } 2843 \text{ m,}$$

hvilket vil sige, at Toget kan løbe 2,843 km, efter at der er spærret af for Dampen.

### Modstande.

Under Begrebet Kræfter indbefattes det, man kalder Modstande. Disse kan være virkelige Kræfter, der er i Stand til at fremkalde Bevægelse, og som kun i givet Tilfælde kaldes Mod-

stande, fordi de under de til Stede værende Omstændigheder alene ytrer sig ved at forhindre andre Kræfters Virkning. Tyngdekraften, der ved Legemernes Fald imod Jorden optræder som bevægende Kraft, kan saaledes betragtes som en Modstand imod et Legemes Bevægelse opad under Paavirkning af en anden Kraft.

Men de kan ogsaa være blot hæmmende Kræfter, der vel kan hindre, men ikke fremkalde Bevægelse, f. Eks. Modstanden, som hidrører fra en fast Understøtning. Undertiden opstaar de først under Legemernes Bevægelse, saasom Gnidningsmodstanden, der fremkommer ved et Legemes Bevægelse paa et andet, og Luftmodstanden, der opstaar, naar et Legeme bevæges gennem den atmosfæriske Luft.

Under et Jernbanetogs Bevægelse har Lokomotivet en hel Række af Modstande at overvinde, f. Eks. Modstanden mod Hjulenes Rulning paa Skinnerne, der hidrører fra Ujævnheder i Skinner og Hjulbandager, Skinnernes Bøjning under Trykket af Hjulene, samt den Formforandring, som disse undergaar, Gnidningsmodstanden mellem Akselhalse og Lagere og Luftmodstanden. Denne sidste er den mest foranderlige. Ved langsomt gaaende Tog spiller den kun en underordnet Rolle, men den vokser hurtigt, naar Kørehastigheden stiger, og kan ved Eksprestog naa en meget betydelig Størrelse.

Til disse Modstande følger sig endnu Stigningsmodstanden og Kurvemodstanden. Stigningsmodstanden skyldes Tyngdekraftens Indvirkning; et Tog, der befinder sig paa en Stigning, er under samme Forhold som et Legeme, der er anbragt paa en Skraaplan. Man har den simple Regel for Bestemmelsen af Stigningsmodstandens Størrelse, at denne udgør lige saa mange Kilogram for hver Ton (1000 kg) af Togets Vægt, som Antallet af Millimeter (mm) Banen stiger for hver Meter.

Da en Stigning af 1 : 100 svarer til 10 Millimeter for hver Meter, vil den altsaa fremkalde en Stigningsmodstand for et Tog, hvis Vægt er 200 Tons, medindbefattet Lokomotivet og Tenderen, som er  $10 \times 200 = 2000$  kg.

Gennemløbes Stigningen i modsat Retning, bliver den et Fald, og den forannævnte Kraft paa 2000 kg vil da virke til at formindske Togets Modstande og i mange Tilfælde overvinde disse, saa at Bevægelsen kan foregaa uden Anvendelse af Damp.

Kurvemodstanden hidrører hovedsagelig fra en forøget Gnidning mellem Hjulene og Skinnerne. Lokomotiver og Vogne vil,

naar de kommer til en Kurve i Sporet, ifølge Naturlovene for Bevægelsen stræbe at løbe lige ud efter en ret Linie. De fortsætter derfor deres Løb lige ud saa længe, indtil Flangen paa det Hjul, der løber paa Kurvens Yderskinne, støder imod denne, og Flangen forbliver derefter i Berøring med Skinnen, saa længe Løbet gennem Kurven varer. Foruden den deraf følgende Gnidningsmodstand opstaar der endvidere Modstand ved Glidning af Hjulene paa Inderskinnen, fordi disse paa Grund af den faste Forbindelse med Akslen maa gaa lige saa mange Gange rundt som Hjulene paa Yderskinnen, skønt de har en kortere Vej at gennemløbe.

Kurvemodstanden er desto større, jo mindre Kurvens Radius og jo tungere Toget er.

## Lokomotivernes Adhæsion.

For at et Lokomotiv skal kunne bevæge sig fremad, naar Maskinen drejer Drivhjulene rundt, maa disse rulle og ikke glide paa Skinnerne. Det er Gnidningsmodstanden — almindelig kaldet Adhæsionen — mellem Hjul og Skinne, som forhindrer Hjulenes Glidning. Gnidningsmodstandens Størrelse afhænger af Trykket, som Hjulene udøver imod Skinnerne, den saakaldte »Adhæsionsvægt«, d. e. Summen af alle de koblede Hjuls Tryk imod Skinnerne, samt af Beskaffenheden af Hjulenes og Skinnernes Overflader. Den er altid større end Modstanden imod Rulning, men kan iøvrigt være meget foranderlig.

Naar Skinnerne er tørre eller fuldstændig renvaskede af en rigelig Regn, kan Gnidningsmodstanden beløbe sig til  $1/5$  og mere af Adhæsionsvægten, men naar Skinnerne er »fedtede« paa Grund af Taage, Ruskregn, Rimfrost, affaldent Løv etc., kan den synke til  $1/10$ ,  $1/15$ , ja endog  $1/20$  af Adhæsionsvægten.

Man forstaar bedst Gnidningsmodstandens Virkning, naar man tænker sig Drivhjul og Skinner forsynede med ganske smaa Tænder (som paa Tandhjul og Tandstang), usynlige for det blotte Øje. Disse smaa Tænder giver Lokomotivet den fornødne Støtte under Udviklingen af dets Trækkekraft. Da Gnidningsmodstandens Størrelse under alle Forhold er afhængig af Adhæsionsvægten, er det øjensynligt af Interesse, at denne Vægt er saa stor som mulig. Sporets Styrke sætter imidlertid en Grænse for Belastningen af det enkelte Hjulsæt, og man maa derfor i Reglen

sammenkoble to eller flere af Lokomotivets Hjulsæt, saa at de tvinges til at rulle eller glide samtidig, for at tilvejebringe den fornødne Adhæsion.

## Atmosfærisk Tryk.

Luften, hvori vi lever, udøver et Tryk, hvilket man kan bevise paa følgende Maade. I en lodret staaende Cylinder, Fig. 17,

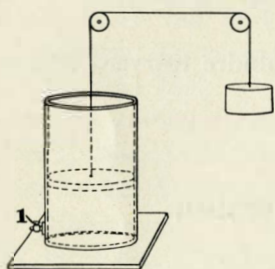


Fig. 17.

Fig. 17, som er lukket i Bunden og aaben foroven, anbringes et tætsluttende Stempel, der skydes helt i Bund i Cylinderen, idet man lader den under Stemplet værende Luft undvige gennem Hanen 1. Naar Stemplet har naaet Cylinderens Bund, lukkes Hanen, og dersom man derefter prøver at løfte Stemplet til Vejrs, vil man mærke en meget betydelig Modstand. Denne Modstand, der kaldes At-

mosfærens Tryk, hidrører fra, at Stemplet bærer Vægten af en Luftsøjle, som naar helt op til den ubekendte Grænse af det Luftlag, der omgiver Jorden. Har man overvundet Modstanden og løftet Stemplet et lille Stykke i Cylinderen, saa kan man forhindre det i atter at synke ned ved Hjælp af en Snor, der er ført over en Tridse og belastet med et Vægtlod. Vægtlodets Vægt i Kilogram angiver da Størrelsen af Atmosfærens Tryk paa Stemplet. Dersom Stemplets Overflade havde en Størrelse af 100 Kvadratcentimeter ( $\text{cm}^2$ ), vilde det vise sig, at Loddets Vægt maatte være omtrent 100 kg, og at altsaa Luften udøver et Tryk af omtrent 1 kg paa hver  $\text{cm}^2$ .

Det er imidlertid ikke alene i Retningen lodret mod Jordens Overflade, at Luften udøver dette Tryk, men ogsaa i alle andre Retninger. Dette kan man lige-

ledes bevise ved det foran beskrevne Apparat. Anbringes nemlig Cylinderen i de i Fig. 18 og 19 angivne Stillinger, vil Luftens Tryk paa Stemplet stadig holde Ligevægt med Loddet, og altsaa maa det

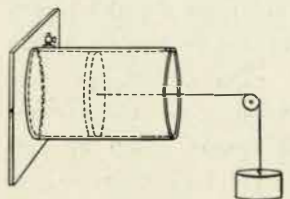


Fig. 18.

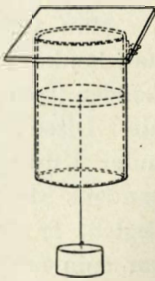


Fig. 19.

virke med samme Kraft nedenfra og opad, samt til Siden, som ovenfra og nedad.

Paa vort eget Legeme trykker Luften, ifølge det foran sagte, lige stærkt indvendig og udvendig, og dette er Grunden til, at vi ikke knuses af det betydelige Tryk.

## Andre Egenskaber ved den atmosfæriske Luft.

Afsondrer man en vis Mængde Luft i en foroven aaben og i Bunden lukket Cylinder, Fig. 20, ved Hjælp af et tætsluttende Stempel, vil man mærke en stedse voksende Modstand, baade naar Stemplet trykkes nedad, og naar det løftes. I det første Tilfælde hidrører Modstanden fra, at den indesluttede Luftmasses Tryk vokser ud over Atmosfærens Tryk, efterhaanden som den tvinges til at indtage mindre og mindre Plads, og i det andet Tilfælde hidrører Modstanden fra, at den indesluttede Luftmasses Tryk formindskes, efterhaanden som den faar mere Plads at udbrede sig paa, hvorved man kommer til at bære en Del af Atmosfærens Tryk, der virker paa Oversiden af Stemplet. Slipper man Stemplet løs, vil det i begge Tilfælde søge tilbage til den Stilling, det oprindelig indtog. Bruger man Vægtlodder i Stedet for Haanden til at trykke Stemplet nedad eller løfte det opad, Fig. 21 og 22, vil det vise sig, at hvis Oversiden af Stemplet har en Størrelse af  $100 \text{ cm}^2$ , saa maa man i det første Tilfælde anvende en Vægt af ca. 100 kg for at formindske Luftmassens Rumfang til det halve, og i det andet Tilfælde en Vægt af ca. 50 kg for at forøge dens Rumfang til det dobbelte af, hvad det oprindelig var.

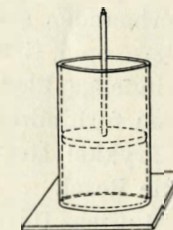


Fig. 20.

Da Atmosfæren i begge Tilfælde trykker paa Oversiden af Stemplet med 1 kg paa hver  $\text{cm}^2$ , bliver den sammenpressede Luft altsaa underkastet et Tryk af  $1 + 1 = 2 \text{ kg pr. cm}^2$  og den udvidede Luft et Tryk af  $1 \div 1/2 = 1/2 \text{ kg pr. cm}^2$ , eller med andre Ord, naar en indesluttet Luftmasses Rumfang formindskes til det halve, stiger Trykket til det dobbelte, og naar Rumfanget forøges til det dobbelte, synker Trykket til det halve.

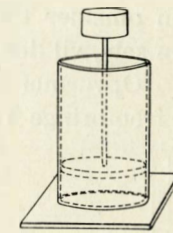


Fig. 21.



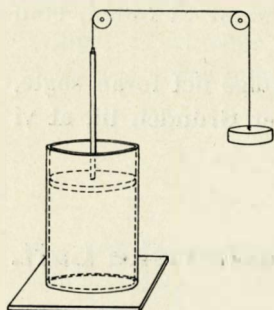


Fig. 22.

Man vil heraf se, at **en Luftmas- ses Rumfang forholder sig omvendt som Trykket** (Mariottes Lov).

I det foregaaende er bestandig forudsat, at Luftens Varmegrad holdes uforandret.

Opvarmer man den atmosfæriske Luft, vil den udvide sig og stræbe at indtage et større Rumfang. Dette kan bevises ved Hjælp af Apparatet, Fig. 20, thi anbringes en Flamme under

Bunden af Cylinderen, vil den under Stemplet indesluttede Luft, efterhaanden som den bliver varmere, skyde Stemplet højere og højere op i Cylinderen. Hvis man fastholdt Stemplet paa dets oprindelige Plads og opvarmede Luften under det, vilde denne altsaa forhindres fra at udvide sig, og dette vilde have til Følge, at Trykket steg i Overensstemmelse med den i Mariottes Lov givne Regel.

Luftens Udvidelse ved Opvarmning fra 0 Grader til 100 Grader Celsius (se Tillæget) andrager mellem 36 og 37 pCt. (Procent, Hundredele) af Luftens oprindelige Rumfang. 100 Kubikcentimeter ( $\text{cm}^3$ ) Luft ved 0 Graders Varme vil altsaa ved at opvarmes til 100 Grader udvide sig til ca.  $136,5 \text{ m}^3$ , men som Følge heraf maa hver Kubikcentimeter af den opvarmede Luft veje mindre end hver Kubikcentimeter af den kolde Luft, thi hele Luftmængden vejer lige meget før og efter Opvarmningen. Da den opvarmede Luft er lettere end den kolde Luft, vil den, naar den frit kan undvige, stige til Vejrs. Under Opstigningen vil den efterhaanden afkøles, og naar den omsider træffer Luftlag, der har samme Vægt pr.  $\text{cm}^3$  som den selv, vil den ikke stige yderligere.

Opvarmet Lufts Evne til at stige til Vejrs benyttes f. Eks. til at frembringe Træk i Skorstene.

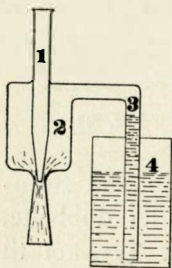


Fig. 23.

Den atmosfæriske Luft er overordentlig let bevægelig. Leder man en kraftig Luftstrøm igennem et Rør 1, Fig. 23, vil den rive de Luftdele, der befinder sig i Beholderen 2 i Nærheden af Rørets Munding, med sig, andre Luftdele vil følge efter, og der vil opstaa en Sugning i Røret 3, hvilket man kan bevise ved at stikke den frie Ende af dette Rør ned i en Beholder 4 med Vand, idet Vandet da vil stige

op i Røret. Vandets Opstigning i Røret hidrører fra Atmosfærens Tryk paa Vandoverfladen i Beholderen 4. Saa snart man nemlig ved at stikke Enden af Røret 3 ned i Vandet afgrænser et bestemt Rumfang Luft i dette Rør og Beholderen 2, vil Sugningen borttage en Del af denne Luft, og idet den tiloversblevne Luft udbreder sig over hele Rummet, synker Trykket i Beholderen 2 og Røret 3 i Overensstemmelse med Mariottes Lov.

Hvis Sugningen var stærk nok til at fjerne al Luften, kunde Vandet stige i Røret til en Højde af ca. 10 m. Atmosfærens Tryk er altsaa lige saa stort som Trykket af en Vandsøjle af omtrent 10 m Højde.

Dersom man anvender Kvægsølv i Stedet for Vand, vil man finde, at Atmosfærens Tryk under almindelige Forhold holder Ligevægt med en Kvægsølvsøjle paa ca. 760 mm Højde.

En saadan Kvægsølvsøjle bruges i det hyppigt anvendte Kvægsølvbarometer, Fig. 24, til Maaling af Forandringerne i Luftens Tryk. Beholderen 1 er aaben foroven, Røret 2 derimod lukket, og Rummet over Kvægsølvet i Røret er lufttomt. Luften vil altsaa trykke paa Overfladen af Kvægsølvet i Beholderen og bære Kvægsølvsøjlen 3—4, der ifølge det foran sagte vil have en Højde af omtrent 760 mm. Man gør Overfladen af Kvægsølvet i Beholderen mange Gange større end Overfladen i Røret, for at Udgangspunktet 3 for Aflæsningen ikke skal flytte sig for meget, naar Lufttrykket varierer.

Et almindelig bekendt Apparat, som grunder sig paa en kraftig Luftstrøms sugende Virkning, er den meget benyttede Blomsterbedugger, Fig. 25. Naar man puster stærkt gennem Røret 1, vil Luftstrømmen, der stryger lige forbi Mundingen af Røret 2, rive Luften i dette Rør med sig, Vandet i Beholderen vil følge efter, og naar det naar Røret 2's Munding, vil det blive revet med af Luftstrømmen gennem Røret 1 i Form af fine Draaber.

En Dampstrøm virker paa samme Maade sugende som en Luftstrøm. Dette benytter man sig af ved Lokomotiver til at bortskaffe Luften af Vakuumbremens Ledninger, Cylindre og Beholdere samt til at bringe Vandet i Tenderen til at stige op i Injektorerne. Fremdeles bruger man en Dampstrøms sugende Virkning til

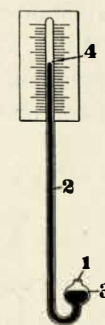


Fig. 24.

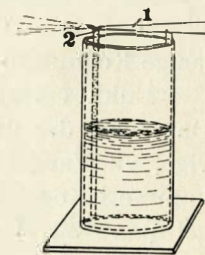


Fig. 25.

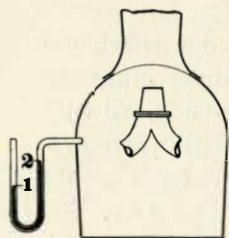


Fig. 26.

at frembringe den Luftfortynding i Røgekammeret, som behøves for at skaffe den fornødne Træk til Fyret. Man kan maale Størrelsen af Luftfortyndingen i et Lokomotivs Røgekammer ved at sætte dette i Forbindelse med et i begge Ender aabent, U-formet Rør, Fig. 26, hvori der er fyldt noget Vand; saa længe Maskinen ikke arbejder, vil Vandet staa lige højt i begge Rørets Grene, men saa snart Maskinen er i Gang, og den gennem Udgangshætten strømmende

Spildedamp river Luften med sig til Skorstenen, vil den derved opstaaende Trykformindskelse i Røgekammeret bevirke, at Vandet stiller sig i forskellig Højde i Rørets Grene. Afstanden 1—2 imellem Vandoverfladerne giver da et Maal for Luftfortyndingens Størrelse.

### Fordampning.

Opvarmer man Vand i et aabent Kar ved en under Karrets Bund anbragt Flamme, vil det, naar det har naaet en tilstrækkelig høj Varmegrad, komme i en livlig Bevægelse, idet der dannes sig Dampbobler, som fra Karrets Bund stiger op gennem Vandet. Man siger da, at Vandet koger. Fortsættes Opvarmningen, vil efterhaanden alt Vandet forvandles til Damp, forsvinde fra Karret og blande sig med den atmosfæriske Luft. Saa længe Vandet koger, holder Varmegraden sig uforandret ved  $100^{\circ}$  Celsius. Dersom man forstærker Opvarmningen, vil Kogningen blive livligere, og hele Vandmassen vil i kortere Tid end før blive omdannet til Damp, men Varmegraden i Vandet vil ikke forandre sig, saa længe Kogningen vedvarer.

Lukkes Karret til med et tætsluttende og tungt Laag, saa at Dampene, der dannes ved Vandets Opvarmning, ikke kan undvige, vil Vandet kunne ophedes til over  $100^{\circ}$  Celsius uden at komme i Kog. Ved fortsat Opvarmning vil det vise sig, at Laaget paa Karret omsider begynder at løfte sig og Dampen at strømme ud gennem den fremkomne Aabning, hvorefter man kan slutte, at de udviklede Dampene maa have været underkastede et vist Tryk. Skruede man Laaget fast paa Karret og fortsatte Opvarmningen, vilde Dampens Tryk til sidst antage en saadan Størrelse, at Karret kunde sprænges.

For nærmere at undersøge, hvorledes Dampens Tryk stiger med Varmegraden, naar Vandet ophedes over  $100^{\circ}$  Celsius i en lukket Beholder, vil vi tænke os en almindelig Dampkedel udstyret med en oven paa Damprummet anbragt Cylinder, Fig. 27, der er aaben foroven, og hvori der findes et tætsluttende Stempel 1, samt med to Termometre 2 og 3, af hvilke det første er stukket ind i Kedlens Damprum, det andet i dens Vandrum et lille Stykke under Vandets Overflade. Stemplet fjernes fra Cylinderen saa længe, indtil Vandet i Kedlen er kommet i Kog, og den atmosfæriske Luft, der til en Begyndelse fyldte Rummet over Vandspejlet, er uddreven af de fremkomne Vanddampene. Derpaa bringes Stemplet paa Plads, og man vil nu se, at det begynder at stige til Vejrs i Cylinderen, naar Opvarmningen af Vandet fortsættes, saa at man maa belaste det med bestandig større og større Vægte for at holde det i samme Stilling. Dersom Stemplets Overflade havde en Størrelse af  $100 \text{ cm}^2$ , og man i et bestemt Øjeblik maatte belaste det med en Vægt af  $500 \text{ kg}$  for at holde Ligevægt med Dampens Tryk paa dets Underside, saa vilde dette Tryk i det paagældende Øjeblik beløbe sig til omtrent  $6 \text{ kg pr. cm}^2$  eller 6 Gange Atmosfærens Tryk, thi imod Dampens Tryk virker paa Stemplets Overside en Vægt af  $5 \text{ kg}$  paa hver  $\text{cm}^2$  foruden Atmosfærens Tryk, der, som meddelt i det foregaaende, er omtrent  $1 \text{ kg}$  paa hver  $\text{cm}^2$ . Af-læste man samtidig Dampens og Vandets Varmegrad paa Termometrene 2 og 3, vilde man finde, at den var ens for dem begge og lig med ca.  $158^{\circ}$  Celsius. Hvis man havde maattet belaste Stemplet med  $1000 \text{ kg}$  i Stedet for med  $500 \text{ kg}$  for at holde Ligevægt med Damptrykket, saa vilde dettes Størrelse have været  $10 + 1 \text{ kg pr. cm}^2$ , og de to Termometre havde i saa Fald begge vist en Varmegrad af omtrent  $183^{\circ}$  Celsius. Gentages det foran beskrevne Eksperiment flere Gange, vil man bestandig finde, at **ved et bestemt Tryk har Vanddampene i Kedlen altid den samme Varmegrad**, og man kan derfor, støttet paa nøjagtige Forsøg, opstille Tabeller over Vanddampenes sammenhørende Tryk og Varmegrader.

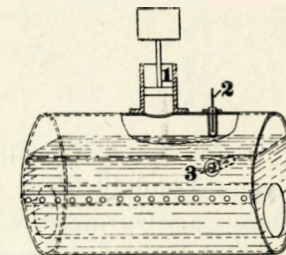


Fig. 27.

Man har saaledes fundet, at til et effektivt Damptryk (se nedenfor)

af 4 kg pr. cm <sup>2</sup>	svarer en Varmegrad af ca.	151 <sup>o</sup>	Celsius
— 8	—	—	174 <sup>o</sup>
— 10	—	—	183 <sup>o</sup>
— 12	—	—	191 <sup>o</sup>
— 15	—	—	200 <sup>o</sup>

Fra den anførte Regel gives der ingen Undtagelser, saa længe der er Vand til Stede i den Beholder, i hvilken man opvarmer Dampen. Opvarmer man derimod Dampen i en Beholder, hvori der intet Vand findes (en saakaldt Overheder), gælder Reglen ikke længere.

Damp, der er i Forbindelse med sin Stamvædske, Vandet, kaldes »mættet Damp«.

Indeslutter man et vist Kvantum Damp under Stemplet i en Cylinder (se Fig. 20) og drager Omsorg for, at Varmegraden forbliver uforandret (holdes konstant), saa vil Dampen forholde sig omtrent paa samme Maade som den atmosfæriske Luft, altsaa paa det nærmeste følge Mariottes Lov.

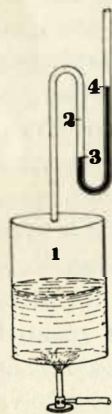


Fig. 28.

Dampens Tryk kan man maale ligesom Luftens ved Højden af en Vædskesøjle, som holder Ligevægt med det. Anbringes oven paa Beholderen 1, Fig. 28, hvori Vandet fordampes, et bøjet Rør 2, i hvilket man har hældt en passende Mængde Kvægsølv, vil saaledes Afstanden 3—4 mellem Kvægsølvsøjlernes Overflader give et Maal for Størrelsen af Damptrykket i Beholderen. Det er dog ikke det absolute Tryk af Dampen i Beholderen, som man finder paa denne Maade, men derimod Forskellen mellem dette Tryk og Atmosfærens Tryk, thi imod Dampens Tryk paa Overfladen af Kvægsølvet i Rørets mellemste Gren virker foruden Vægten af Kvægsølvsøjlen 3—4 tillige Atmosfærens Tryk paa Overfladen

af Kvægsølvet i Rørets yderste Gren, som er aaben foroven.

Trykket, som aflæses paa Trykmaaleren, og som altsaa er 1 Atmosfære mindre end det absolute Tryk, kaldes »Dampens effektive Tryk«, og det er dette, som er bestemmende for Dampkedlernes Styrke.

Ved Lokomotiver anvendes, som bekendt, ikke den foran beskrevne Trykmaaler, men derimod en anden, det saakaldte

Manometer, der er nærmere beskrevet i det følgende, og i hvilket der intet Kvægsølv findes. Ved Forfærdigelsen af de almindelig anvendte Manometre benytter man en Kvægsølvtrykmaaler til Sammenligning og inddeler Skalaen efter dennes Angivelser. Kvægsølvtrykmaaleren bruges ogsaa til Sammenligning, naar man vil justere et Manometer, der er kommet i Uorden.

## Dampens Overhedning.

Tilfører man mættet Damp i en særlig Beholder, der staar direkte i Forbindelse med en Kedels Damprum, men derimod ikke med dennes Vandrum, yderligere Varme, vil først de i Dampen indeholdte, fine Vanddråber fordampe; naar alt Vand er fordampet, vil Dampens Varmegrad stige og dens Rumfang tiltage. Den derved erhholdte, varmere Damp kaldes **overhedet Damp**, hvis Anvendelse ved Dampmaskiner i de senere Aar har fundet en ret stor Udbredelse. Flere af den overhedede Damps Egenskaber er ganske forskellige fra den mættede Damps.

Medens saaledes Rumfanget af een Vægtenhed bliver mindre ved mættet Damp for voksende Varmegrad og Tryk, tiltager det ved den overhedede Damp og paa det nærmeste i samme Forhold som Varmegraden. Dette bevirker et mindre Dampforbrug ved samme Dampmaskine.

En anden meget vigtig Egenskab ved den selv svagt overhedede Damp er dens slette Varmeledningsevne i Modsætning til den mættede Damp, der er en god Varmeleder (se nedenfor Side 31); den vil derfor være betydelig mindre udsat for at blive hurtigt afkølet, naar den arbejder i Dampcylinderen, og vil som Følge heraf ogsaa give en mindre Mængde Fortætningsvand og desto mindre, jo højere Overhedningsgraden har været. Den slette Varmeledningsevne medfører dog ogsaa en Ulempe, idet den modvirker den videre Overhedning af svagt overhedet Damp, og det er derfor af meget stor Vigtighed, at Overhederen bygges saaledes, at Dampen ved sin Passage igennem den skilles ad i mange smaa Strømme og iøvrigt bringes til at cirkulere livligt og blandes godt.

For at opnaa et virkelig økonomisk fordelagtigt Resultat ved Brug af overhedet Damp maa dennes Temperatur være ca. 320<sup>o</sup>—350<sup>o</sup> Celsius, men heller ikke højere, da Maskindele, Pakningsmaterialier, Smøremidler o. s. v. ellers let vil angribes og ødelægges.

## Dampens Ekspansion og Kompression.

Det er ovenfor omtalt, at Dampen, naar den ikke er i Forbindelse med sin Stamvædske, Vandet, tilnærmelsesvis følger Mariottes Lov, saa længe Varmegraden holdes uforandret. Den vil altsaa udvide sig (**ekspandere**), naar Trykket formindskes, og dersom den tvinges til at indtage mindre Plads (**komprimeres**), vil Trykket stige. Indeslutter man Damp af en vis Spænding (d. v. s. med et vist Tryk) i en Cylinder ved Hjælp af et bevægeligt Stempel, som er paavirket paa den modsatte Side af en Belastning, der ikke er stor nok til at holde Ligevægt med Dampens Tryk, vil Dampen ekspandere og under sin Ekspansion skyde Stemplet foran sig frem i Cylinderen. Dampen udfører herved et Arbejde, som kan maales ved den hele Belastning paa Stemplet multipliceret med den Vej, som dette har gennemløbet i Cylinderen.

## Forbrænding.

Forbrændingen af Kullene paa Risten i Lokomotivets Fyrkasse er en kemisk Forening af brændbare Stoffer i Kullene med en Luftart, som kaldes Ilt, og som er en Bestanddel af den atmosfæriske Luft.

Kemien lærer os, at de fleste Stoffer, hvoraf Legemerne i den os omgivende Natur bestaar, er sammensatte af to eller flere Grundstoffer, d. v. s. Stoffer, som Kemikerne ikke har kunnet adskille i uensartede Dele eller sammensætte af saadanne ved de Midler, der staar til deres Raadighed. Disse Grundstoffer, hvoraf man kender ca. 80, forener sig med hverandre i ganske bestemte Vægtforhold til saakaldte kemiske Forbindelser, der er nye Stoffer, hvis Egenskaber man ikke ligefrem kan beregne af Bestanddelenes. Ved den kemiske Forening af Grundstofferne udvikles i Reglen Varme og undertiden tillige Lys.

Til Grundstofferne hører alle de almindelig bekendte Metaller i ren Tilstand, saasom Guld, Sølv, Kobber, Jern, Tin, Bly, Kvægsølv; endvidere Kulstof, Svovl m. fl. samt nogle Luftarter, hvoraf Ilt, Brint og Kvælstof er de vigtigste.

De almindelig benyttede Stenkul er ikke noget Grundstof, men indeholder foruden Kulstof ogsaa Brint, Ilt, Svovl og Kvælstof i vekslende Mængder samt uforbrændelige Askebestanddele i større eller mindre Grad. De brændbare Bestanddele, det er de Be-

standdele, som under Forbrændingen indgaar en kemisk Forening med Luftens Ilt og derved udvikler Varme, er Kulstoffet og Brinten samt delvis Svovl. Kulstoffet findes næsten rent i Naturen som Grafit; Diamanten er rent Kulstof i krystalliseret Form. Soden, der afsætter sig i Lampeglaset, naar en Petroleumslampe oser, bestaar ogsaa hovedsagelig af rent Kulstof. Brinten er en Luftart, som er meget lettere end den atmosfæriske Luft. I Stenkullene er den bunden til Kulstoffet og danner med dette Kulbrinter, der uddrives, naar man opheder Kullene i lukkede Beholdere (Retorter), og som derved giver os den almindelige Belysningsgas. I Fyret antændes Kulbrinterne og danner Flammen. De gasrigeste Kul brænder derfor med den længste Flamme.

Iltten, hvis Tilstedeværelse paa Fyrstedet er en nødvendig Betingelse for Forbrændingen, findes, som ovenfor sagt, i den atmosfæriske Luft, der er en Blanding af de to Luftarter Ilt og Kvælstof. En Kubikmeter ( $m^3$ ) atmosfærisk Luft indeholder omtrent 210 Liter Ilt og 790 Liter Kvælstof. Efter Vægt indeholder 100 kg atmosfærisk Luft ca. 23 kg Ilt og 77 kg Kvælstof.

1  $m^3$  atmosfærisk Luft vejer ca. 1,293 kg, 1  $m^3$  Ilt ca. 1,43 kg, 1  $m^3$  Brint ca. 0,089 kg og 1  $m^3$  Kvælstof ca. 1,251 kg.

Iltens Tilstedeværelse i den atmosfæriske Luft er en Hovedbetingelse for alt Dyre- og Planteliv paa Jorden. Ved Aandedrættet optages den gennem Lungerne af Blodet, og dens Indvirkning paa dette er ledsaget af en Varmedvikling, idet en Del af Blodets Stoffer indgaar kemiske Forbindelser med Iltten, altsaa forbrænder paa lignende Maade som Kullene paa Risten, og denne Forbrænding er Kilden til Legemets Varme. I et Rum, hvorfra Iltten er fjernet, kan hverken Mennesker eller Dyr leve.

Kvælstoffet i Luften har i Forhold til Forbrændingen kun Betydning som Fortyndelsesmiddel, idet det mildner Iltens Virkning, saa at Forbrændingen bliver mindre hurtig og voldsom.

Naar Kulstof forener sig med Ilt under Forbrændingen paa et Ildsted, kan der som Resultat af Forbrændingen (Forbrændingsprodukt) danne sig to forskellige Luftarter, nemlig Kulilte og Kulsyre. 12 Gram (g) Kulstof og 16 g Ilt forener sig saaledes til 28 g Kulilte, og 12 g Kulstof og 32 g Ilt forener sig til 44 g Kulsyre. Kulilten er endnu en brændbar Luftart, idet de 28 g Kulilte kan optage 16 g Ilt og danne Kulsyre, som ikke er brændbar. Man vil heraf se, **at Brændslet ikke er fuldt udnyttet, førend alt Kulstoffet er omdannet til Kulsyre.**

Dersom der ved Forbrændingen i Lokomotivets Fyrkasse

udvikles megen Kulilte, der gaar uforbrændt bort til Skorstenen, lider man et betydeligt økonomisk Tab, thi af hele den Varmemængde, som kan udvikles ved Kulstoffets fuldstændige Forbrænding til Kulsyre, frembringes ikke mere end  $\frac{3}{10}$ , naar det kun forbrændes til Kulilte. Da Dannelsen af Kulilte næppe helt kan undgaas, gælder det altsaa om at faa denne Luftart antændt og forbrændt, medens den endnu er i Fyrkassen. Hertil kræves en høj Varmegrad og tilstrækkelig Tilførsel af Ilt, altsaa af atmosfærisk Luft, hvori denne findes.

Den stærkt ophedede Murbue i Lokomotivets Fyrkasse opvarmer den gennem Fyrdøren tilledte Luft til en saa høj Varmegrad, at Luften derved bliver et virksomt Middel til at fremme Kuliltens Forbrænding til Kulsyre.

Kulbrinterne, der, som ovenfor omtalt, uddrives af Kullene ved Ophedningen, forbrænder paa den Maade, at Brinten forener sig med Ilten til Vanddamp, medens Kulstoffet med Ilten danner Kulsyre. 2 g Brint og 16 g Ilt giver 18 g Vand under Udvikling af en Varmemængde, der er betydelig større end den, som udvikles ved Kulstoffets Omdannelse til Kulsyre.

Naar Lufttilførslen er utilstrækkelig, kan det hændes, at Kulbrinterne gaar uforbrændte til Skorstenen, hvorved der selvfølgelig lides et Tab, og man maa derfor ogsaa af Hensyn til disse Luftarters Forbrænding sørge for en tilstrækkelig Tilførsel af Luft.

Kemikerne kan ved en Undersøgelse af Kullene i Laboratoriet bestemme, hvor megen Ilt der behøves til den fuldstændige Forbrænding af 1 kg af en bestemt Slags Kul.

Naar Størrelsen af denne Iltmængde kendes, er det let at udregne, hvor megen atmosfærisk Luft der udkræves til Forbrændingen. Naar man tænker sig Askebestanddelene helt fjærnede fra Kullene, vil der i Almindelighed behøves imellem 11,5 og 12 kg atmosfærisk Luft til Forbrænding af hvert kg Kul, hvilket svarer til omtrent 9 m<sup>3</sup> Luft af 0° Varme.

Den saaledes beregnede Luftmængde vil man dog ikke kunne nøjes med i Praksis, fordi det er umuligt at tilføre Fyret den paa en saadan Maade, at den overalt kommer i en saa inderlig Berøring med Brændslet, at hele dens Indhold af Ilt kan komme Forbrændingen til Gode. I Reglen maa der anvendes henimod det dobbelte af den teoretisk nødvendige Luftmængde. Herved lides et Tab, thi al den Luft, der passerer Fyrstedet, bliver opvarmet i dette, og for saa vidt den ikke udnyttes ved Forbrændingen, vil den altid bortføre nogen Varme til Skorstenen til

ingen Nytte. Da det Tab, der lides ved en ufuldstændig Forbrænding, imidlertid er større, maa man hellere tilføre Fyret en noget for stor end en noget for lille Luftmængde.

At der tilføres for lidt Luft, ses paa Røgen og paa, at Flammerne er blaalige, hvilket kommer af, at Kullene kun forbrændes til Kulilte. Ved den fuldstændige Forbrænding til Kulsyre er Flammerne klare.

## Varmeudvikling.

Varmemængden, som en Vægt del Brændsel udvikler ved sin fuldstændige Forbrænding — Brændslets saakaldte »Brændværdi« — er ikke ens for de forskellige Brændselsmaterialer. Da man anvender flere forskellige Slags Stenkul til Fyring i Lokomotiver, vil man altsaa ikke altid faa udviklet lige mange kg Damp ved Forbrænding af 1 kg Kul, selv om Forbrændingen i alle Tilfælde er fuldstændig.

Den Varmemængde, der udvikles, naar man forbrænder 1 kg absolut rent Kulstof fuldstændigt, saaledes som man er i Stand til at gøre det ved Forsøg i kemiske Laboratorier, er tilstrækkelig til at forvandle lidt over 12 kg Vand af 10 Graders Varme til Damp af 10 Atmosfærers effektivt Tryk.

En saa stor Mængde Vand faar man imidlertid af flere Grunde aldrig fordampet af 1 kg Stenkul i en Lokomotivkedel. For det første indeholder Kullene nemlig altid Askebestanddele, som kan udgøre fra  $\frac{1}{30}$  til  $\frac{1}{7}$  af hele Vægten, saa at der i 1 kg Kul kun er fra  $\frac{29}{30}$  til  $\frac{6}{7}$  kg **virkeligt** Brændstof. Dernæst er Forbrændingen ikke altid fuldstændig, saa at der altsaa ikke udvikles saa megen Varme, som det tilstedeværende Brændstof kunde udvikle, dersom Forbrændingen var fuldstændig, og endelig er Forbrændingsprodukterne, naar de forlader Lokomotivets Skorsten, aldrig afkølede helt ned til den Varmegrad, som Vandet i Kedlen har, hvoraf følger, at de altid bortfører nogen Varme, som ikke bliver udnyttet.

I Almindelighed kan man regne, at 1 kg gode Kul kun kan forvandle 7 à 7,5 kg Vand til Damp af 10 Atmosfærers effektivt Tryk i en Lokomotivkedel.

Af den Varme, som tilføres Vandet i Kedlen, medgaar ved de almindelig anvendte Damptryk kun lidt over  $\frac{1}{4}$  til at opvarme Vandet til den Varmegrad, der svarer til Trykket, og hele

Resten, altsaa omtrent de  $\frac{3}{4}$ , forbruges til at fordampe det, men er uden Indflydelse paa Dampens Temperatur.

Jo højere Damptrykket i Kedlen er, desto større Varmemængde udkræves der til Opvarmning og Fordampning af hvert Kilogram Vand, men den omhandlede Varmemængde forandrer sig ikke i nogen høj Grad, naar Trykket vokser. Det kræver saaledes kun ca.  $\frac{1}{129}$  mere Varme at frembringe Damp med

et effektivt Tryk af 12 kg pr.  $\text{cm}^2$  end Damp med et effektivt Tryk af 8 kg pr.  $\text{cm}^2$ , og da Forbruget af Brændsel under iøvrigt lige Betingelser staar i et ligefremt Forhold til den udviklede Varmemængde, vil det altsaa omtrent koste lige meget at frembringe Damp af 12 og Damp af 8 Atmosfærers Tryk.

Damp af 12 Atmosfærers Tryk er imidlertid i Stand til at udrette et meget større Arbejde end den samme Mængde Damp af 8 Atmosfærers Tryk, og man vil deraf se, **at der af økonomiske Hensyn altid bør holdes fuld Spænding paa Lokomotivernes Kedler under Kørslen.**

### Overkogning.

Undertiden medriver Dampen ved sin Afgang fra Kedlen Vanddraaber, som følger den gennem Rørledninger og Cylindre til Skorstenen. Man kalder dette Fænomen for »Overkogning«; i daglig Tale siger man, at Lokomotivet »spytter«.

Den Mængde Vand, som Kedlen under saadanne Omstændigheder forbruger, er større end ellers, og man kunde altsaa tro, at Brændslet blev bedre udnyttet. Dette er imidlertid langt fra Tilfældet, thi alt Vand, som forlader Kedlen uden at være omdannet til Damp, gør Skade i Stedet for Nytte i Maskinen og giver Anledning til et betydeligt Varmetab.

Overkogning kan opstaa i Lokomotivkedler med et lille Damprum, naar man hurtig lukker Regulatoren højt op. Det er her den pludselige Formindskelse af Damptrykket, som bringer Vandet til at bruse op (ganske paa samme Maade som i en Sodavandsflaske, naar man fjerner Proppen), idet Vandets Temperatur jo nu er betydelig højere end den, der svarer til Kogepunktet ved det formindskede Tryk, og Vandet derfor paa en Gang udvikler store Mængder af Damp.

Men Overkogning kan ogsaa skyldes Tilstedeværelsen enten af Fedtstoffer i Kedlen (f. Eks. ved nye eller nyreparerede Ked-

ler) eller af visse kemiske Forbindelser, som kan findes opløste i Vandet, f. Eks. almindeligt Salt. Naar man anvender saltholdigt Vand i en Lokomotivkedel, bliver Saltet tilbage ved Vandets Fordampning, og Kedelvandets Saltholdighed stiger derved lidt efter lidt. Saa snart den har naaet en vis Grænse, begynder Vandet at skumme, som om der var Sæbe i det, og dette Skum medrives da af Dampen til Cylindrene.

### Varmens Forplantning.

Varmen forplanter sig dels ved **Ledning**, naar den i Legemerne meddeler sig fra Del til Del uden at overspringe noget Mellemrum, dels ved **Straaling**, naar et fjernere Legeme opvarmes, uden at det Rum, Varmestraalerne har gennemløbet, er bleven kendeligt opvarmet derved.

Legemernes Evne til at lede Varmen er meget forskellig, og man deler dem derfor i gode og slette Varmeledere. Til de gode Ledere hører de fleste Metaller, til de slette Jord og Stenarterne samt Vædskerne og Luftarterne.

I Lokomotivkedlen opvarmes de indvendige Flader af Fyrkassen og Rørene (den saakaldte Ildpaavirkningsflade eller Hedeflade) ved Berøringen med de hede Forbrændingsprodukter fra Fyret, og den modtagne Varme forplantes ved Ledning gennem Metalvæggene til Vandet. Da Kedelsten hører til de slette Varmeledere, vil dens Tilstedeværelse paa Fyrkasseplader og Rør lægge Hindringer i Vejen for Varmens Forplantning til Vandet i Kedlen og virke hæmmende paa Dampudviklingen. Det er derfor nødvendigt at holde Kedlerne saa fri for Sten som muligt.

De Varmemængder, der overføres til Vandet gennem de forskellige Dele af Ildpaavirkningsfladen, er ikke lige store. Gennem en Kvadratmeter ( $\text{m}^2$ ) Ildpaavirkningsflade af Fyrkassen overføres saaledes langt mere Varme end gennem en Kvadratmeter af Rørsystemets Ildpaavirkningsflade, fordi Fyrkassens Flader ikke blot kommer i Berøring med Forbrændingsprodukterne, medens disse endnu indeholder deres største Varme, men ogsaa paavirkes af Straalevarmen fra det næsten hvidglødende Fyr.

Jo mere Forbrændingsprodukterne nærmer sig Røgekammeret, desto mere Varme har de afgivet undervejs, og desto mindre vil derfor Vandfordampningen blive pr. Time af hver Kvadratmeter Ildpaavirkningsflade, som de passerer.

## Fødevand til Dampkedler.

De Fordringer, man i det daglige Liv stiller til Vand, er meget forskellige alt efter den Anvendelse, man ønsker at gøre af det. Skal Vand f. Eks. hovedsagelig anvendes til Drikkevand, da er det først og fremmest af Vigtighed, at det ikke indeholder sygdomsvækkende Bakterier, at det er frit for ildelugtende og -smagende Stoffer, der stedse hidrører fra, at Vandet har Tilløb fra Steder, hvor organiske Stoffer henligger i forraadnet Tilstand, samt at Vandet indeholder tilstrækkelig Luft, da dets friske Smag afhænger heraf. Skal Vandet anvendes til Fødevand til Dampkedler, da bør man stille den Fordring, at Vandet er saa »blødt« som muligt. Herved forstaas, at Vandet indeholder den mindst mulige Mængde af faste Stoffer og da særlig saadanne, der under Driften danner et fastsiddende Stenlag paa Kedlens Sider.

Vi skal nu se, 1) hvad det er for Stoffer, der findes opløste i Vandet, og hvorfra de stammer, og dernæst, 2) hvorledes det er muligt at fjerne dem, saa de ikke faar Lejlighed til at sætte sig som Sten i Kedlerne.

Naar Vandet som Regn falder ned paa Jordens Overflade, er det frit for opløste, faste Stoffer, og derfor vil ogsaa Regnvand være det bedste Fødevand, man kunde tænke sig; men at opsamle det i saa store Mængder, at det kan anvendes i en større Bedrift, er umuligt. Ved sit Fald gennem Luften optager Regnen Atmosfærens Bestanddele, og i denne Sammenhæng er det særlig Kulsyren, der stedse, om end i ringe Mængde, findes i Luften, der spiller Hovedrollen.

Paa sin Vej gennem det øvre Muldlag optager Vandet organiske Forbindelser og nogle letopløselige Salte, der her er opsamlede og hidrører fra forraadnede Plantedele. Baade i Muldlaget og længere nede i Jorden møder det den kulsure Kalk, der findes overalt i større eller mindre Stykker eller i Form af Skaller af døde Bløddyr, og Vandet begynder nu at virke opløsende paa den kulsure Kalk; men ved denne Proces er det, at den Kulsyre, Vandet optog fra Luften, viser sig virksom.

Kulsur Kalk lader sig nemlig aldeles ikke opløse i Vand, der ved Udkogning eller paa anden Maade er berøvet sin Kulsyre, medens det kulsyreholdige Vand indvirker saaledes paa den kulsure Kalk, at ikke ubetydelige Mængder af den gaar i Opløsning, og herfra skriver den kulsure Kalk sig, der udgør den

langt overvejende Del af Stenen i Kedlerne. Foruden kulsur Kalk optager Vandet fra Jorden ogsaa svovlsur Kalk — det, som i daglig Tale kaldes Gibs —, Magnesiaforbindelser, Jernforbindelser, Kiselsyre og Kogsalt. Af disse afsætter, foruden den kulsure Kalk, baade Gibs, Kiselsyre og nogle af Magnesiaforbindelserne sig som Sten i Kedlerne, medens andre Magnesiaforbindelser, Kogsalt og en Del andre Stoffer formaar at holde sig opløste i Kedelvandet. Disse danner saaledes vel ikke Sten, men kan paa anden Maade være ubehagelige nok, idet de, naar de er til Stede i større Mængder, bevirker, at Vandet er uroligt i Kedlen. Saadant Vand med mange letopløselige, ikke stendannende Stoffer findes især, hvor Grundvandet staar i Forbindelse med Havet, eller hvor det Vand, der løber til Brøndene, maa passere Jordlag, der i forudoms Tid har været Strandkant, og hvor der derfor er bleven opsamlet større Mængder af de Stoffer, der udgør Havvands Salt, især Klornatrium, vort almindelige Kogsalt, samt Magnesiaforbindelser.

Man vil heraf let forstaa, at det Vand, som forekommer i Brønde, Kilder og lignende, paa forskellige Steder kan være meget forskelligt alt efter de Jordlag, det har passeret, og det bliver derfor af den største Vigtighed at kunne bedømme, hvorvidt det Vand, der foreligger, egner sig til Fødevand. For med Sikkerhed at træffe en saadan Afgørelse er det nødvendigt at udføre en fuldstændig, kemisk Analyse, idet man bestemmer baade Arten af de i Vandprøven opløste Stoffer og Mængden, hvori de findes. Saadanne Analyser er imidlertid meget langvarige og fordrer, at man har et fuldstændigt Laboratorium til sin Raadighed, og man har derfor udarbejdet en Metode, hvorved man hurtigt og, om det ønskes, paa Stedet kan faa et Begreb om et Vands Beskaffenhed.

Det er fra Husholdningen bekendt, at man ved Vadsugning af Tøj i haardt Vand bruger langt mere Sæbe, end naar man har blødt Vand eller bedre endnu Regnvand. Dette beror paa, at den opløselige Vadskesæbe, der er en Forbindelse af Fedtsyrer og Kali (Hovedbestanddelen af Potaske), omsætter sig med Kalken i Vandet saaledes, at der dannes en uopløselig Kalksæbe, der hverken formaar at virke rensende paa Tøjet eller at skumme. Det er dette sidste Forhold, man har anvendt til at bestemme, hvad man kalder Vandets **Haardhedsgrad**.

Ved Statsbanerne benytter man til at udtrykke Vandets Haardhedsgrad de saakaldte »tyske« Haardhedsgrader.

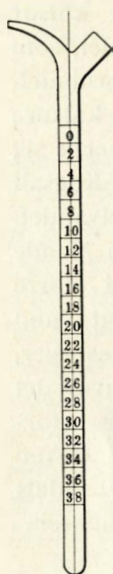


Fig. 29.

Den Sæbeopløsning, der anvendes, er fremstillet saaledes, at en Vandprøve, der af opløste Stoffer kun indeholder 1 Gram brændt Kalk i 100 Liter, forbruger ca.  $\frac{1}{10}$  cm<sup>3</sup> af Opløsningen til at danne Skum ved den nedennævnte Undersøgelse. Naar man altsaa finder, at en Vandprøves Haardhedsgrad er 12, da betyder dette, at Vandet forbruger lige saa megen Sæbeopløsning til at danne Skum som Vand, der i 100 Liter indeholder — og ikke indeholder andet end — 12 Gram brændt Kalk, men derfor behøver den undersøgte Vandprøve ikke at indeholde netop denne Mængde Kalk, og det vil den som Regel heller ikke gøre, idet en mindre Del af Vandprøvens Haardhedsgrader skyldes de andre i Vandet opløste Stoffer.

Naturligvis kunde man give Sæbeopløsningen en anden Styrke, hvad ogsaa undertiden gøres, men man vil da ogsaa finde andre Haardhedsgrader svarende hertil.

Undersøgelsen udføres saaledes:

Først fremstiller man af en særlig Slags Sæbe en Opløsning af en ganske bestemt Styrke. Glasapparatet Fig. 29 — Draabebyretten — fyldes til sit øverste Mærke med denne Opløsning, og man drypper nu en Del af den ned i Flasken Fig. 30, hvori man i Forvejen har fyldt 40 Kubikcentimeter (cm<sup>3</sup>) af det Vand, der skal undersøges. Glasproppen sættes derpaa i Flasken, der rystes stærkt. Fremkommer der herved intet Skum, tilsættes en ny Mængde Sæbeopløsning, og Flasken rystes atter. Saaledes bliver man ved, indtil der danner sig et ca. 5 mm tykt Skumlag, der kan holde sig i 2 Minutter. Man aflæser derefter det Mærke, til hvilket Overfladen af Sæbeopløsningen i Draabebyretten er sunken — lad dette f. Eks. være 14 — og siger nu, at det foreliggende Vands Haardhedsgrad er 14<sup>o</sup>.

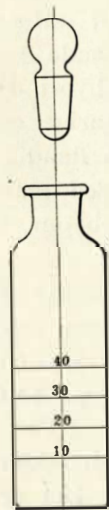


Fig. 30.

Forklaringen af Fremgangsmaaden er i Overensstemmelse med det ovenfor sagte den, at den opløselige Sæbe, der efterhaanden tilsættes, af Kalken i Vandet omdannes til uopløselig Sæbe, der ikke skummer ved Rystning, og dette sker, lige indtil der i Vandet ikke findes mere Kalk, der kan omdanne den tilsatte Sæbe; saa snart der er Overskud af denne til Stede i Vandet, kommer Skummet straks.

Jo blødere Vandet er, altsaa jo mindre Kalk det indeholder, desto lavere finder man Haardhedsgraden, der for de blødeste Vandsorter her i Landet er 6<sup>o</sup>—8<sup>o</sup> men for de haardeste kan stige til 25<sup>o</sup>—30<sup>o</sup>.

Det skal nu vises, hvorledes man afværger, at de førømtalte Stoffer danner Kedelsten, og man har da to helt forskellige Fremgangsmaader hertil, nemlig:

1) at tilsætte saadanne Stoffer, der i selve Kedlerne udfælder Kalk og Magnesia som Slam, der kan skylles ud under Udvadskningen, eller

2) at bevirke, at de stendannende Substanser udskilles og fjernes fra Vandet, før dette kommer i Kedlen.

Den første af disse Fremgangsmaader bør fraraades, thi dels ødelægger de Præparater, der anbefales i dette Øjemed, ofte selve Kedelpladerne eller udvikler Dampe, der angriber andre Dele af Maskinen, dels giver den store Mængde Slam, der dannes i Kedlen, let Anledning til Stødkogning og andre Ulemper og dels endelig hænder det, at en Del af Slammet naar at brænde paa, inden det skylles ud, og saaledes alligevel danner Sten.

Tilbage bliver da den anden Fremgangsmaade, der anvendes af de danske Statsbaner, men inden de herhen hørende Apparater omtales, er det nødvendigt at se lidt paa de kemiske Processer, der foregaar under Rensningen.

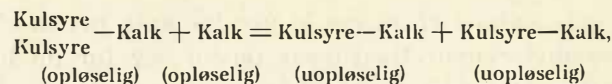
Det blev før sagt, at den kulsure Kalk er uopløselig i kulsyreholdigt Vand, men at den derimod opløses af kulsyreholdigt. Grunden hertil er, at der findes to kemiske Forbindelser af Kulsyre og Kalk, hvoraf den ene, som kan betegnes Kulsyre—Kalk, er uopløselig i Vand, medens den anden, der indeholder dobbelt saa megen Kulsyre, og som kan betegnes  $\begin{matrix} \text{Kulsyre} \\ \text{Kulsyre} \end{matrix}$  — Kalk, er

opløselig. Den Kulsyre, som Regnvandet optager fra Luften, omdanner imidlertid den enkeltkulsure Kalk til den dobbeltkulsure, hvorpaa denne Forbindelse opløses i Vandet.

En Del af Vandrensningen gaar nu ud paa atter at omdanne den opløselige Forbindelse til den uopløselige, og dette sker ved til det raa Vand at sætte en vis Mængde »mættet Kalkvand«, hvorved nyan forstaar Vand, der har opløst saa megen brændt Kalk, som det overhovedet kan, hvilket omtrent er 1 Gram brændt Kalk for hver 720 Gram Vand.

Den kemiske Proces, der foregaar ved Tilsætningen af Kalkvand, kan skrives saaledes:





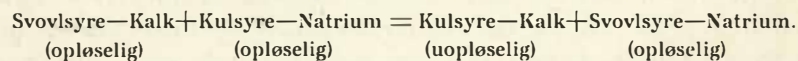
og heraf ses, at saavel den i det raa Vand opløste Kalk som den Kalk, der tilsattes, er omdannede til uopløselig kulsur Kalk, der fældes ud som et hvidt Bundfald. Filtrerer man nu, bliver den kulsure Kalk tilbage paa Filtret, og Vandet er saaledes befriet for sin opløste kulsure, eller rettere dobbeltkulsure Kalk.

Imidlertid findes der, som alt sagt, ogsaa svovlsur Kalk i Vandet, og ogsaa den ønsker man fjernet, inden Vandet anvendes til Forsyning af Kedlerne.

Den svovlsure Kalk eller Gibs, hvilken Forbindelse man kan betegne Svovlsyre—Kalk, er temmelig tungt opløselig i Vand, idet der maa anvendes ca. 500 Gram Vand for at opløse 1 Gram Gibs, og det raa Vand indeholder ikke en Gang saa meget; men da Vandet i Kedlen jo stadig damper bort, og der stadig føres nyt Vand til, stiger Gibsindholdet og bliver til sidst saa stort, at Gibsen ikke længere kan holdes opløst men afsætter sig som Sten; og den Kedelsten, der indeholder megen Gibs, er særlig haard og vanskelig at fjerne.

For at udskille Gibsen af det raa Vand tilsættes Soda, der er en kemisk Forbindelse af Kulsyre og et Metal, Natrium, hvorfor Sodaen faar Betegnelsen Kulsyre—Natrium.

Den Proces, der foregaar, naar Soda paavirker Gibs, kan skrives saaledes:



Man faar altsaa den Kalk, der i det raa Vand fandtes som Gibs, udskilt som uopløselig kulsur Kalk, der kan frafiltreres, men i Vandet kom i Gibsens Sted Svovlsyre—Natrium eller svovlsurt Natron, som det i Almindelighed kaldes. Denne Forbindelse er imidlertid overmaade let opløselig i Vand, kan aldrig udskilles som Sten og gør heller ingen anden Skade. Kun hvis man lader alt for lang Tid hengaa mellem Udvadskningerne, vil Mængden af svovlsurt Natron blive alt for stor, og man risikerer, at Vandet bliver uroligt.

Ogsaa de Magnesia- og Jernforbindelser, der findes i det raa Vand, kan, som tidligere bemærket, danne Sten eller paa anden Maade være ubehagelige, hvorfor man ogsaa ønsker dem fjernede. Af disse Forbindelser udskilles Magnesia paa lignende Maade som Kalken af Kalkforbindelserne, altsaa ved Tilsætning af Kalk-

vand og Soda, hvorfor det ikke er nødvendigt at komme nærmere ind herpaa. De letopløselige Forbindelser, der findes i Vandet, særlig Kogsalt, kan derimod ikke bortskaffes, skønt de ofte, som ovenfor sagt, er til stor Ulempe.

Vi skal nu betragte selve det Apparat, hvori Vandrensningen udføres, og om end de Apparater, der efterhaanden opstilles paa de forskellige Vandstationer, synes at afvige betydeligt fra hverandre, er Hovedprincippet i dem dog det samme.

I omstaaende Fig. 31 er skitseret et Vandrensningsapparat af den Art, Statsbanerne almindeligvis anvender.

Det raa Vand, der skal renses, løber gennem Røret 1 ned i Beholderen 2, og herfra ledes en bestemt Mængde, svarende til det Kvantum Kalkvand, som skal bruges, ned til Bunden af den kegleformede Beholder 3, der kaldes »Kalkmætteren«. Gennem det med en Tragt forsynede Rør 4 indføres i Kalkmætteren en bestemt Mængde Kalkmælk, hvorved forstaas brændt Kalk, der er læsket og udrørt med Vand til en tynd Vælling; den bestaar saaledes af det, vi før kaldte mættet Kalkvand, indeholdende ganske smaa Stykker læsket Kalk, der endnu ikke er opløste.

Det raa Vand, der kommer ind ved Bunden af Kalkmætteren, blander sig med Kalkmælken og opløser saa meget, det kan, af de opslemmede Kalkdele, eller med andre Ord det omdannes efterhaanden til mættet Kalkvand, der paa sin Vej op gennem Kalkmætteren klarer sig, idet de endnu ikke opløste Kalkdele faar Tid til at sætte sig. Gennem Røret 5 føres Kalkvandet over i Beholderen 6, der kaldes »Klarebeholderen«. Her møder det Hovedmængden af det raa Vand, der gennem Røret 7 ligeledes føres ned i Beholderen 6. Paa samme Sted indføres gennem Røret 8 en Opløsning af Soda af en bestemt Styrke, der er afhængig af det raa Vands Beskaffenhed.

Sodaopløsningen fremstilles i Beholderen 9.

Stofferne, der er nødvendige til Vandets Rensning, er nu tilsatte, og de kemiske Processer, der før omtaltes, foregaar, eller med andre Ord de Stoffer: Kalk, Magnesia og Jern, der findes opløste i det raa Vand, udskilles i Form af yderst fine, faste Smaadele. En stor Del af disse synker, medens Vandet langsomt stiger op gennem Klarebeholderen, ned paa dennes skraa Bund, hvor de afsætter sig som Slam, der Tid efter anden maa fjernes ved Udblæsning gennem Hønen 10. De fineste Dele vil imidlertid ikke bundfældes, hvorfor man gennem Røret 11 leder det endnu grumede Vand ned under og op gennem Træulds- eller Grusfilteret

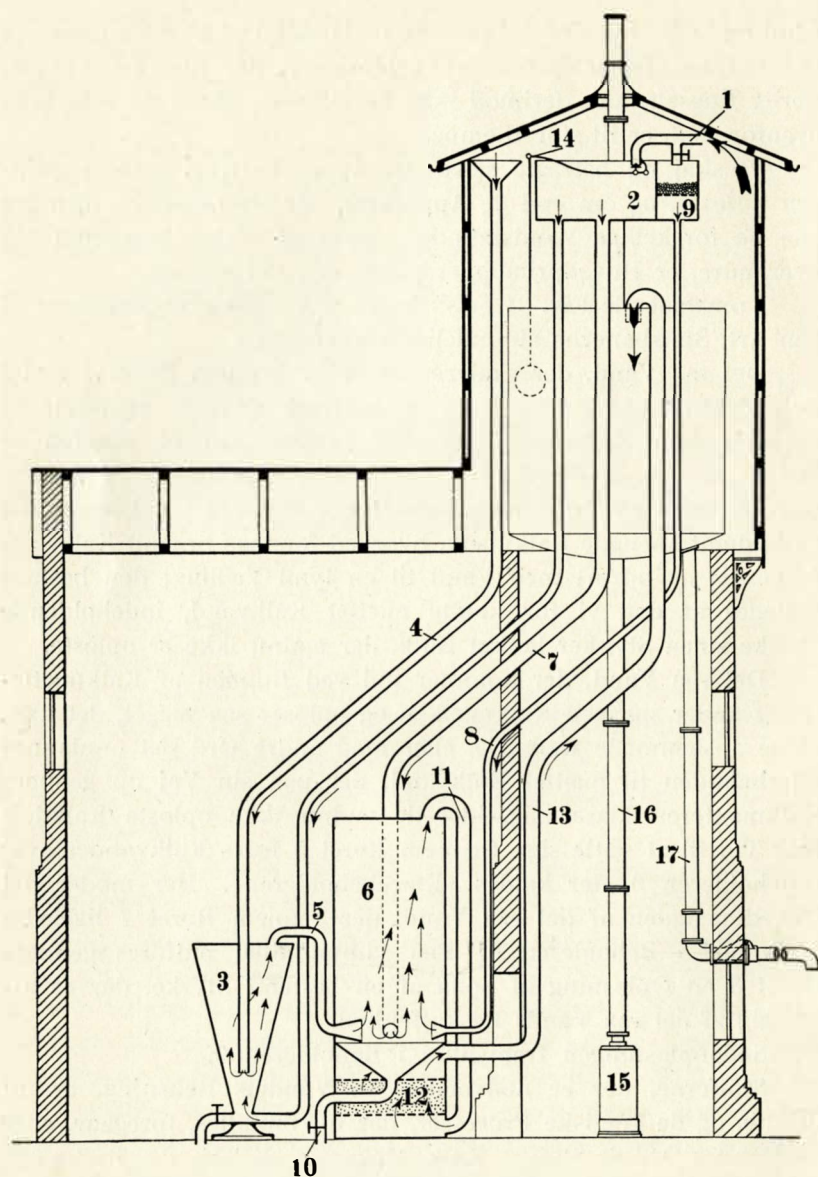


Fig. 31.

12. Her bliver alle de endnu opslemmede Smaadele hængende, og det fuldstændig klare Vand føres gennem Røret 13 op i Cisternen. Ved Hjælp af Svømmerhanen 14 sættes Vandrensingsapparatet i Ro, naar Cisternen er fuld, og atter i Virksomhed, naar Vandet er sunket et Stykke i Cisternen. Det rensede Vand

føres gennem Rørledningen 17 i Cisternens Bund til Vandkranerne.

Prøves nu Haardheden af det rensede Vand, vil denne, naar Apparatet er i Orden, og Kemikalierne er tilsatte i rette Forhold, vise sig at være fra  $3^{\circ}$ — $5^{\circ}$ .

For at se, om Kalk og Soda er tilsatte i rette Forhold, maa man udføre to Prøver, der her skal omtales lidt nærmere.

Nogle Stoffer, saasom Soda, Potaske, brændt Kalk eller Kalkvand og mange andre, har den Egenskab, at deres Opløsninger farves røde af en farveløs, kemisk Forbindelse »Fenolftalein«, naar nogle faa Draaber af en Opløsning af dette Stof tilsættes dem, og man kalder dette, at disse Opløsninger reagerer alkalisk. Den røde Farve forsvinder igen, naar en eller anden Syre tilsættes i tilstrækkelig Mængde. Hvor meget af en Syre der skal til for at affarve den røde Opløsning, afhænger af, hvor stærk Opløsningen er eller med andre Ord, hvor megen Soda, Potaske o. s. v. Opløsningen indeholder. Derfor kan man ogsaa bestemme, hvor meget af de nævnte Stoffer en saadan Opløsning indeholder, naar man til en afmaalt Mængde af den tilsætter først Fenolftalein og dernæst Syre af en bekendt Styrke, nøjagtig indtil den røde Farve forsvinder, og maaler, hvor megen Syre man har forbrugt hertil.

Naar der til det raa Vand er tilsat netop den rette Mængde Soda og Kalk, skal det rensede Vand efter Filtreringen indeholde et meget ringe Spor af begge disse Stoffer, og om dette er Tilfældet, ses paa følgende Maade.

Prøve I.

Til  $80 \text{ cm}^3$  af det rensede Vand sættes tre Draaber af en Fenolftaleinopløsning, hvorved det

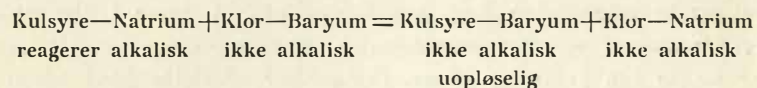
enten 1) vedbliver at være farveløst, i hvilket Tilfælde der altsaa hverken er Overskud af Soda eller Kalk, hvorfor der maa tilsættes mere af begge disse Stoffer til det raa Vand, eller 2) Prøven bliver rød. Der er i saa Tilfælde Overskud af enten Soda eller Kalk eller begge Stoffer. For i sidste Tilfælde at se, hvor stort Overskuddet er, tilsættes Saltsyre af en bestemt Styrke ( $100 \text{ cm}^3$  svarer til 1 Gram brændt Kalk), indtil Farven forsvinder, og Reglen er da, at Affarvningen bør ske med **tre** Draaber Syre.

Prøve I er dog ikke tilstrækkelig, thi man ved ikke, om Rødfarvningen skyldes Kalk eller Soda eller dem begge.

Derfor udføres Prøve II.

Denne beror paa, at en kemisk Forbindelse Klorbaryum,

som kan betegnes Klor—Baryum, har den Egenskab, at medens det ikke virker paa Kalkvand, omsætter det sig, naar det tilsættes i tilstrækkelig Mængde, med en Sodaopløsning og paa en saadan Maade, at Opløsningen ikke længere reagerer alkalisk, hvilket altsaa kan vises ved, at Opløsningen, der iøvrigt bliver blakket ved denne Proces, ikke længere kan farves rød med Fenoltalein. Den Omsætning, der foregaar, kan udtrykkes paa følgende Maade:



Prøve II udføres nu saaledes:

Til 80 cm<sup>3</sup> af det rensede Vand sættes tre Draaber Fenoltalein og dernæst tilstrækkeligt Klorbaryum. Vandet farves rødt som i Prøve I, men nu skal det, hvis Tilsætning af Kalk og Soda til Raavandet har været rigtig, affarves af een Draabe Syre, thi medens Kalken er bleven uforandret, er Sodaen bleven forandret saaledes, at den ikke længere reagerer alkalisk.

Findes ved Prøve II, at Vandet nok bliver rødt med Fenoltalein men affarves ved Klorbaryum alene, skyldes Farvningen udelukkende Soda. Man har altsaa tilsat for lidt Kalk til Raavandet og maa derfor rette denne Fejl ved at lede en større Mængde Kalkvand (pr. Minut) ind i Klarebeholderen.

Viser det sig derimod, at Affarvningen ved Prøve II først sker ved samme Syremængde som i Prøve I, bestaar Overskuddet alene af Kalk, og man maa da tilsætte mere Soda til Raavandet.

Naar den rigtige Mængde Soda og Kalk er sat til Raavandet, da skal Forholdet være saaledes:

Prøve I: Rødfarvning af 80 cm<sup>3</sup> af det rensede Vand med Fenoltalein. Affarvning med tre Draaber Syre.

Prøve II: Rødfarvning af 80 cm<sup>3</sup> af det rensede Vand med Fenoltalein. Efter Tilsætning af Klorbaryum Affarvning med een Draabe Syre.

De Apparater, der anvendes til Vandrensning, er meget store og kostbare, og da Udgifterne til Kalk og Soda samt til Pasning af Apparatet heller ikke er ubetydelige, ses det let, at man maa opnaa virkelige Fordele, for at der overhovedet kan blive Tale om at indføre Vandrensning.

Det er imidlertid ogsaa meget betydelige Fordele, man kan opnaa, nemlig for det første en Kulbesparelse og for det andet et mindre Slid paa Kedlen.

At man virkelig kan spare Kul ved at have Kedlerne fri for

Sten, er baade en Kendsgerning fra det praktiske Liv og godtgjort ved Forsøg. Saaledes har en Amerikaner ved meget omhyggelige Forsøg vist, at man bruger 15 % (Procent) mere Kul for at holde Dampspændingen i en Kedel med et 5 mm tykt Stenlag, end naar Kedlen er ganske ren.

At Kedlen ikke slides saa meget, naar den er fri for Sten, som naar der sidder et varmeisolerende Stenlag over hele den indvendige Kedelflade, er indlysende, thi Væggene i Fyrkassen og Rørene kan paa Grund af Stenlaget ikke komme til at afgive den Varme, de modtager fra Forbrændingsprodukterne, til Vandet i Kedlen saa hurtigt, som naar der ikke er Sten i Kedlen. Væggene bliver derfor ophedede langt stærkere, hvorved Materialet tager Skade, og Utætheder og lignende Beskadigelser opstaar. Man mærker ogsaa hurtigst Virkningen af det rensede Vand derved, at Udgifterne til Vedligeholdelse af Kedelrørene bliver mindre.

At man ogsaa kan lade Lokomotiverne løbe længere mellem Udvadskningerne uden at faa synderlig Stendannelse, har man sikre Erfaringer for paa de Strækninger, hvor Lokomotiverne udelukkende eller i det mindste for Størstedelen forsynes med rensed Vand, og at dette ogsaa baade er en Fordel for Lokomotivernes stærkere Udnyttelse og en Besparelse i Driftsudgifterne, siger sig selv.

At det ikke er ubetydelige Mængder af Kedelsten, der vilde kunne danne sig i Lokomotivkedlerne, hvis man ikke fjernede en stor Del af den ved de periodiske Udvadskninger, vil ses af følgende Betragtning:

Lad os tænke os et Lokomotiv, som i Løbet af et Aar foretager 200 Ture frem og tilbage mellem Kjøbenhavn og Korsør og paa hver Tur forbruger 10 Kubikmeter Vand fra Kjøbenhavn og 10 Kubikmeter Vand fra Korsør. 10 Kubikmeter Vand fra Kjøbenhavn indeholder ca. 2,05 kg stendannende Stoffer, og 10 Kubikmeter fra Korsør indeholder 3,75 kg, hvilket tilsammen for 200 Ture vilde give  $5,8 \times 200 = 1160$  kg, hvad der svarer til 0,42 m<sup>3</sup> Kedelsten.

At en saa stor Stenmængde snart vilde umuliggøre Kørslen, siger sig selv, og om man end fjerner en Del af Stenen ved Udvadskningen, bliver der dog saa meget tilbage, at det, som ovenfor sagt, sikkert betaler sig at indføre Vandrenseapparater, hvor det Vand, der er til Raadighed, indeholder mange stendannende Stoffer.

## Smøremidler.

For at formindske Gnidningsmodstanden i Lagere og andre Steder, hvor to Flader gnider mod hinanden, anvendes Smøremidler.

For at et Smøremiddel skal være brugbart, maa det

- 1) have stor Vedhængning til Gnidefladerne,
- 2) være saa tykflydende, at det ikke let løber bort fra Smøringsstedet,
- 3) med tilstrækkelig Lethed kunne suges op i Smøreapparaternes Væger og
- 4) ikke angribe Gnidefladerne.

Da Smøremidlerne ved lave Temperaturer er meget mindre flydende og langt vanskeligere kan opsuges i Vægen end ved højere Temperaturer, maa der til Smøring af f. Eks. de ydre Lokomotivdele ikke anvendes en Olie, der kan stivne ved de Temperaturer, som disse Dele bliver udsatte for om Vinteren.

Derfor maa en Blanding af lys Mineralolie og Cylinderolie heller ikke anvendes til denne Art Smøring, naar det er koldt, da man i saa Fald risikerer, at Olien bliver aldeles stiv og ikke kan opsuges gennem Smørevægerne.

Smøremidlerne kan deles i to Grupper, nemlig I) de, der udvindes af Plante- og Dyrestoffer, og II) Mineralolier.

Til Gruppe I, der kaldes de »fede« Olier, hører Rapsolie, Bomolie, Tran og Talg. Et Særkende for disse er, at de alle efter kortere eller længere Tid forandres saaledes, at de bliver sure, harske og derigennem kan angribe og ødelægge de Maskindele, de skal smøre. Da tilmed Prisen for dem er betydelig højere end for Mineralolierne, der ikke bliver harske, og disse i de allerfleste Tilfælde smører lige saa godt, har Mineralolierne næsten overalt fortrængt de fede Olier.

Mineralolierne vindes af den i Jorden paa sine Steder, især i Sydrusland og Amerika, forekommende Raapetroleum. Ved en Destillation af denne fjernes de lettest fordampelige Dele, der anvendes til Belysningsolier, og tilbage bliver den mørke Mineralolie. Renses denne yderligere, opstaar de »lyse« og »svære« Mineralolier.

Den mørke Mineralolie, der ved Statsbanerne hovedsagelig anvendes til Smøring af Aksellagere, kan, hvis den er for tykflydende, spædes op med lys Mineralolie, men der maa aldrig blandes Petroleum i Olierne.

Under ganske særlige Omstændigheder, f. Eks. ved Smøring af Stempler og Glidere, hvor Dampen direkte virker paa Smøremidlet, er det undertiden heldigst, hvad der ogsaa gøres ved Statsbanerne, at anvende en Blanding af en svær Mineralolie og Talg eller andre Stoffer af de fede Oliers Gruppe.

En saadan Blanding kan dog ikke anvendes ved Lokomotiver, der drives ved overhødet Damp, da denne spaltes de fede Olier i frie Fedtsyrer, der angriber Metallerne. Man maa i saa Fald anvende en ren, meget svær Mineralolie med et højt »Flammepunkt«, d. s. den Temperatur, hvortil Olien skal opvarmes for at afgive tændbare Damp, og det synes iøvrigt, som om man i Udlandet mere og mere gaar over til at anvende saadanne ublandede Mineralolier til Smøring af alle Cylindre.

For at give et Begreb om Forholdet mellem de forskellige Oliers Priser skal blot nævnes, at disse for Tiden stiller sig, som følger:

Mørk, russisk Mineralolie ...	ca. Kr. 12,5	pr. 100 kg		
Lys Mineralolie.....	—	18	—	—
Cylinderolie.....	—	55	—	—
Rapsolie.....	—	61	—	—

Det vil heraf ses, som nævnt ovenfor, at det er alt for dyrt at anvende Rapsolie som Smørelie.

## Pakningsmaterialier.

For at opnaa Tæthed mellem to Flader af hvilken som helst Art og Form benyttes Pakningsmaterialier, der er højst forskellige, rettende sig efter de paagældende Fladers Beskaffenhed og Forhold til hinanden.

I de følgende Afsnit vil de specielt ved Lokomotiverne anvendte Pakningsmaterialier blive nærmere beskrevne, men for at lette Overblikket gives der nedenstaaende en Sammenstilling af **samlige** ved Statsbanernes Maskinafdeling anvendte Pakningsmaterialier, herunder altsaa ogsaa de ved Færger og Skibe, stationære Anlæg o. s. v. benyttede.

I. Til Tætning mellem **cylindriske Flader** benyttes følgende Pakninger:

### A. Metalpakninger.

- 1) Opskaarne, fjedrende Ringe af Støbejern, Fosforbrønde e. l. til Stempler for højspændt Damp (se Side 145).

- 2) Fjedrende Metalpakninger efter Systemet »United States Metallic Packing« i Stempel- og Gliderstangspakdaaser til Damp i saa vidt Omfang som muligt (se Side 137).

#### B. Blød Pakning.

- 1) Hørgarn i Form af løst sammenflettede Snore, gennemtrængte med Talg og Grafit, til Stempler og Pakdaaser, hvor Trykket ikke er særlig stort og Temperaturen lav.
- 2) Flad, flettet Bomuldsvæge til Tætning om Rørene i Kondensatorer.
- 3) Læderpakning i Form af Manchetter til Stempler, der arbejder med koldt Vand, Olie eller Luft, navnlig hvor der haves langsom Gang og stort Tryk. Anvendes i den hydrauliske Bremsecylinder til Lokomotiver Litra P (se Side 250), Trykluftbremser samt ved hydrauliske Presser.

Manchetterne fremstilles i Forme af Træ eller Bronze, da Jernforme gør Læderet haardt. Forinden Brugen indgnides Manchetterne med Vaselin eller Degra.

- 4) Gummipakninger.
  - a) Massive Gummirulleringe til Stemplet i den automatiske Vakuumbremses Bremsecylinder (se Side 261).
  - b) Gummiringe af en særlig Form til Pakdaaser for Vakuumcylinderens Stempelstang (se Side 262).
  - c) Cyldriske Gummiringe til Trompetstykkerne paa Lokomotiver og Tendere (se Side 285) og til Vandstandsglas (se Side 96) samt til Glassene i Nathans Smøreapparater (undtagen Skueglassene i Smøreapparaterne paa Lokomotiver Litra P, jfr. II. B. 5. a).
- 5) Asbestpakninger.
  - a) Asbestsnor, bestaaende af løst sammensnoede Traade, til Ventilspindler paa Lokomotiver og i Færger og Skibe (hertil kan ogsaa benyttes Kirckmanns Pakning, se nedenfor under I. B. 6) samt til Pakdaaser for Dampprør.
  - b) Rød og blåa Asbest til asbestpakkede Haner (se Side 127).
- 6) Kirckmanns Pakning til Pakdaaser for Pumper, hvor Trykket er stort, til Stempel- og Gliderstangspakdaaser til Damp, naar de ikke er forsynede med Metalpakninger (jfr. I. A. 2), til Ventilspindler paa Lokomotiver og i Færger og Skibe (jfr. ovenfor under I. B. 5. a), Lokomotivernes Regula-

torpakdaaser (se Side 199) samt Dampventiler til Injektorer og Ejektorer (se Side 104).

II. Til Tætning mellem **plane Flader** benyttes følgende Pakninger, Flangepakninger:

#### A. Metalpakninger.

- 1) Linseformede Kobber- eller Bronzeringe i enkelte Tilfælde til Tætning mellem Flanger paa Dampprør. Ringene slibes til begge Flanger og maa være nøjagtig kugledrejede.
- 2) Hule Kobberringe med Indlæg af Asbest til Overhederrørene i Kedler for overhedet Damp (se bl. a. Side 90).
- 3) Kobbergaze med Sortkit eller Blymønnie til Flanger, der udsættes for Damp og Varme, og hvor Tætning vanskeligt kan opnaas med Asbestpap (se nedenfor under II. B. 4. a).
- 4) Messingplade (0,3 mm tyk) med indpressede, koncentriske Ringe med Sortkit eller Blymønnie til samme Øjemed som Kobbergaze (II. A. 3).

#### B. Blød Pakning.

- 1) Almindeligt Pap, udblødt i Fernis, ved koldt og lun- kent Vand samt Luft, hvor Trykket er ringe. Pappet indgnides med Grafit paa begge Sider for at kunne slippe Flangerne, naar disse skal adskilles.
- 2) Læderskiver til Trykluftbremser.
- 3) Gummipakninger.
  - a) Cyldriske Gummiringe til Dækslet paa Vakuumcylindre (se Side 261) og til Koøjer.
  - b) Gummiplade med og uden Lærredsindlæg til mindre Ventiler, Vandhaner m. m.
- 4) Asbestpakninger.
  - a) Asbestpap til Flanger, der er udsatte for Varme og for Damptryk. Pakningen udhugges af Plade efter Flangens Form eller udskæres i Stykker, der lægges over hinanden i Samlingerne, efter at Enderne er afskærpede. Efter Udskæringen udblødes Pakningen i Fernis og indgnides med Grafit (se II. B. 1).

- b) Asbestsnor, indgnet med Hanefedt eller Fernis og Grafit, til Pakning af Renseklapper o. l.

Hanefedt bestaar af 60 % Cylinderolie med Talg og 40 % Grafit.

- c) Flad Asbestpakning med Metaltraadsindlæg til Mandehulsdæksler og større Renseklapper.
- 5) Asbest-Gummipakninger.
- a) Jenkinsplade til Skueglassene i Nathans Smøreapparater paa Lokomotiver Litra P (se Side 188).
- b) Klingeritplade.
- c) Telionitplade.
- d) Taurilplade.
- e) Postleritplade o. l.

De sidst nævnte Sorter bruges til de samme Dele, som nævnt under Kobbergaze (II. A. 3) og Messingplade (II. A. 4).

Disse Pakningsmaterialier udskæres af Pladen efter Flangens Form og indgnides med Grafit paa begge Sider for at kunne løsnes fra Flangerne, naar disse skilles. Derimod skal de ikke behandles med Fernis.

Ved Valg af Pakning maa der i hvert enkelt Tilfælde tages fornødent Hensyn til saavel Hensigtsmæssigheden som Økonomien. I det følgende er derfor nævnt de for Tiden gældende Priser for de forskellige Pakningsmaterialier:

	ca. Kr.	0,20	pr. kg
Almindeligt Pap .....	—	—	—
Asbestpap .....	—	0,35	—
Asbestsnor .....	—	1,30	—
Hørgarn .....	—	2,00	—
Flad Asbestpakning med Metaltraadsindlæg ..	—	2,00	—
Presset Messingplade .....	—	2,00	—
Telionitplade, 1 mm tyk .....	—	2,50	—
Kirckmanns Pakning .....	—	2,50	—
Gummiplade .....	—	3,50	—
Kobbergaze .....	—	3,50	—
Postleritplade, 1 mm tyk .....	—	5,00	—
Taurilplade, 1 mm tyk .....	—	5,85	—
Klingeritplade, 1 mm tyk .....	—	6,20	—
Jenkins Pakning, $\frac{1}{16}$ " tyk .....	—	6,40	—

## Metaller.

En stor Del Grundstoffer kaldes Metaller. De har Metalglans og er gode Ledere for Varme og Elektricitet.

Sammensmeltes to eller flere Metaller, opstaar de saakaldte Legeringer, der ofte har helt andre Egenskaber end de Metaller, hvoraf de er sammensatte.

De vigtigste Metaller er: Jern, Kobber, Zink, Bly, Tin, Antimon, Sølv og Guld.

De Jernsorter, der anvendes i Praksis, indeholder stedse Kulstof og deles efter Mængden af dette i tre Grupper:

- 1) R a a j e r n eller S t ø b e j e r n, der indeholder mest Kulstof,
- 2) S t a a l, der indeholder mindre, og
- 3) S m e d e j e r n, der indeholder mindst.

De ved Statsbanerne hyppigst anvendte Legeringer er:

L a g e r b r o n z e, der indeholder 10 Dele Tin, 10 Dele Bly og 80 Dele Kobber,

H a n e b r o n z e, bestaaende af 90 Dele Kobber og 10 Dele Tin,

M e s s i n g, bestaaende af 60 Dele Kobber og 40 Dele Zink, og P-Metal, der anvendes til Vognlagere og indeholder 84 Dele Bly og 16 Dele Antimon.