

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*

FAGSKOLEN FOR HÅANDVÆRKERE OG MINDRE INDUSTRIDRIVENDE
(TEKNOLOGISK INSTITUT)

Af
Kemiens Grundbegreber
(Uorganisk Kemi)

ved

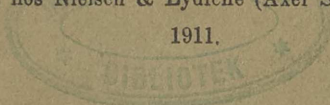
I. P. Gjerulff
Fabriksingeniør, cand. polyt.

*Resumé af Foredrag holdte i 1910 paa Teknologisk Institut.
Trykt som Manuskript.*

København.

Trykt hos Nielsen & Lydiche (Axel Simmelkiær).

1911.



†

546(023).



546(023)



I. B. gl

546(023)

FAGSKOLEN FOR HAANDVÆRKERE OG MINDRE INDUSTRIDRIVENDE
(TEKNOLOGISK INSTITUT)

Af
Kemiens Grundbegreber
(Uorganisk Kemi)

ved

I. P. Gjerulff
Fabriksingeniør, cand. polyt.

*Resumé af Foredrag holdte i 1910 paa Teknologisk Institut.
Trykt som Manuskript.*

København.
Trykt hos Nielsen & Lydiche (Axel Simmelkiær).
1911.

VERLAG FÜR ANGEWANDTE CHEMIE
KARLSRUHE

AL
Kemiens Grundbegriffe
(Organisk Kemi)

L. F. C. J. J.

Upplysningsvesenetsdepartementet
Kungliga Tekniska Högskolan

K. J. L. J. J.

Indledning.

KEMI er en Gren af Naturvidenskaben. Ligesom Zoologi er Læren om Dyrene, Mineralogi Læren om Stenene, Fysik Læren om de materielle Ting i Almindelighed, saaledes er *Kemien Læren om Stofferne*.

Stoffet er det, der bliver tilbage af en materiel Genstand (d. v. s. een, som kan vejes paa en Vægt), naar vi ser bort fra dens Form, Størrelse, Varmegrad og lignende foranderlige Egenskaber. *Stofferne er altsaa det, hvoraf Tingene bestaar*, og de kendes paa deres Egenskaber. Naar vi har overbevist os om, at et Stof har de Egenskaber, som vi har fundet som de karakteristiske for Jern, kalder vi Stoffet for Jern uden Hensyn til Form, Varmegrad el. lign.

Nogle Stoffer kan man ved mekaniske Midler skille i to eller flere andre. F. Eks. kan man knuse Granit og derefter sortere Kornene under Mikroskopet i 3 Dele med forskellig Farve og andre Egenskaber. Af Mælk kan man ved Centrifugens og Kærnsens Hjælp udskille et nyt Stof: Smør o. s. v. Saadanne Stoffer kalder man *mekaniske Blandinger*. Med disse beskæftiger Kemien (d. v. s. den rene Kemi) sig ikke; dels fordi der er alt for mange af dem, til at man nogensinde kunde blive færdig med dem, dels fordi det er overflødigt, da man kan slutte sig til deres Egenskaber, naar man kender Bestanddelenes Egenskaber.

Vi skal nu nærmere betragte et enkelt særlig vigtigt Stof: Vandet, og derigennem blive bekendt med, hvilke Egenskaber hos Stoffet Kemien interesserer sig for.

Vand.

Hvis man opvarmer almindeligt Vand, ser man snart, at der dannes Blærer, der stiger til Vejrs. Disse Blærer, der dannes længe inden Vandet bliver kogende, er Luftarter, som Drikkevandet indeholder opløst. Naar Vandet har kogt i nogen Tid, er al den opløste Luft uddreven af det.

Almindeligt rent Drikkevand er ikke rent i kemisk Forstand. Ved Fordampning efterlader Vandet en Rest (Kedelsten), som overvejende bestaar af Kridt og Gibs. Ved Kogning bliver det hurtigt uklart, der dannes et »Bundfald«, der kan fjernes, f. Eks. ved at filtrere Vandet. Men heller ikke det saaledes rensede Vand er ganske rent. Hvis man fordamper noget af det, efterlader det en saltagtig Rest (hovedsagelig Gibs).

Kemisk rent Vand kan vi faa ved at afkøle de Dampe, kogende Vand afgiver, naar det har kogt en kort Tid, saa at Luftarterne er uddrevne. Dette Arbejde kaldes Destillation.

Hvis vi med rent destilleret Vand gentager det Forsøg, som vi har gjort med almindeligt Vand, finder vi, at det ikke indeholder Luft, og at det fordamper til sidste Rest uden at efterlade nogetsomhelst.

Vi faar ved disse simple Forsøg allerede en Idé om, hvad det vil sige, at et Stof er »kemisk rent«. I Virkeligheden gaar alle Kemikernes Prøver paa, om et Stof er rent, i Hovedsagen ud paa, at man lader Stoffet delvis *skifte Tilstandsform* (disse er: den faste, den flydende og den luftformige) og undersøger, *om en Prøve af det forandrede Stof og en Prøve af det endnu ufor-*

andrede Stof kan bringes til at antage samme Egenskaber, naar de bringes under ensartede Betingelser Saafremt dette lader sig gøre, selv om vi lader *Trykket og Temperaturen*, hvorunder Tilstandsforandringen foregaar, *variere indenfor visse Grænser*, saa siger vi, at det paagældende Stof *under disse Forhold er et rent Stof.*

Hvis vi f. Eks. opheder vort destillerede Vand i en Kolbe, saa at det kommer i Kog og delvis forvandles til Damp, og derpaa afkøler noget af Dampen, saa at den atter bliver til Vædske, saa vil det vise sig, at denne Vædske og det Vand, der endnu er tilbage i Kolben, har ganske samme Egenskaber, naar de bringes til samme Temperatur og Tryk. De har f. Eks. begge den Egenskab at kunne fordampe paa et Urglas uden Rest. En nøjere Undersøgelse af andre Egenskaber vilde ligeledes vise Overensstemmelse, og dette vil være Tilfældet ogsaa, hvis vi destillerer Vandet under andre Tryk og Temperaturer. Derfor kalder vi destilleret Vand et rent Stof i Modsætning til almindeligt Vand.

Hvis vi destillerer Saltsyre af en vis bestemt Styrke ved almindeligt Lufttryk, viser det sig, at det, der fortættes, har samme Egenskaber som det, der endnu er tilbage i Kolben. Men denne Saltsyre er alligevel ikke noget rent Stof; thi hvis vi destillerer den samme Saltsyre ved et andet Lufttryk, vil der ikke længere være Overensstemmelse mellem Destillatets og den tilbageværende Vædskes Egenskaber.

I Stedet for at destillere Vandet kunde vi ogsaa have ladet det fryse delvis, samlet den dannede Is, smeltet den paany og sammenlignet Egenskaberne hos den smeltede Is og Resten af Vandet. Ogsaa paa denne Maade vilde vi have fundet, at destilleret Vand er et rent Stof, medens Brøndvand eller Havvand ikke er det.

Alle Stoffer, der ikke er rene, er Blandinger. Vi har allerede udskilt de mekaniske Blandinger som den rene Kemi uvedkommende. Saadanne Blandinger, der ikke er mekaniske, kaldes ensartede, og *Kemien er Læren om de rene Stoffer og ensartede Blandinger.*

Ensartede Blandinger kaldes ogsaa *Opløsninger* (selv om de ikke er flydende).

Vand er nu et Stof, der særlig let danner Opløsninger med andre Stoffer. Som vi saa, var almindeligt Drikkevand en Opløsning af forskellige faste Stoffer og Luftarter i Vand. Bringer man Vand i Berøring med et andet Stof, opløses der som Regel noget af dette i Vandet; men den Mængde, der opløses, er meget forskellig for de forskellige Stoffer. Der er imidlertid en bestemt Grænse for, hvormeget Vand kan opløse af et bestemt Stof, naar det bringes i Berøring med en mere end tilstrækkelig Mængde af Stoffet ved en bestemt Temperatur. Bringer vi saaledes Salpeter i Vand og rører rundt i Blandingen ved en eller anden Temperatur, saa vil hvert Kilogram Vand optage en ganske bestemt Mængde Salpeter, hvis der da er nok af dette, og har vi gjort Opløsningen saa stærk, som den kan blive, vil den ikke blive stærkere, selv om vi kommer meget mere Salpeter i og rører rundt i Blandingen. Opløsningen kaldes da *mættet*. Den Mængde af et Stof, som Vandet kan opløse, er derimod ofte meget forskellig efter den Temperatur, som vi giver Blandingen. For det meste kan Vandet opløse mere, naar det er varmt, end naar det er koldt. Opvarmer vi saaledes vor Blanding af Salpeterkrystaller og mættet Salpeteropløsning og omrører den, finder vi, at der nu opløses betydeligt mere, og saaledes gaar det i de fleste Tilfælde. Har vi nu mættet den varme Opløsning med Salpeter og derpaa afkøler Opløsningen til den oprindelige Temperatur, vil

Opløsningen i Almindelighed atter udskille den Salpetermængde, som den indeholdt udover det, som en mættet Opløsning ved den lavere Temperatur indeholder. Udskilningen sker i mindre eller større Partikler, som vi kalder for Krystaller. Disse udmærker sig ved, at deres Form frembyder visse geometriske Regelmæssigheder, idet deres Grænseflader er plane og danner bestemte Vinkler med hinanden. Vinklerne er karakteristiske for Stoffet, og Krystalformen er derfor en vigtig Egenskab til Genkendelse af Stofferne.

Det er ikke altid, at den varmt mættede Opløsning *straks* udskiller noget ved Afkøling. En saadan Opløsning, der altsaa indeholder mere af Stoffet end den mættede Opløsning, kaldes *overmættet*. Sætter man til en saadan Opløsning en Krystal af vedkommende Stof eller blot et yderst ringe Brudstykke af en saadan, begynder Udskilningen. Det er overordentlig smaa, men dog ikke ubegrænset smaa Mængder af Stoffet, der kan fremkalde denne Udskilning. Er Udskilningen først begyndt, fortsættes den først hurtigere, saa langsommere og langsommere, indtil Opløsningen er akkurat mættet.

Kemiske Forbindelser og Grundstoffer.

Opheder vi nogle Krystaller af et rent Stof, Soda, i et Reagensglas, ser vi, at Krystallerne smelter, og Vædsken kommer i Kog. Fortætter vi Dampene, faar vi en Vædske, der ikke, som man kunde tro, er smeltet Soda, men rent Vand. Sodaen er altsaa under disse Forhold ophørt med at være et rent Stof. Ved videre Ophedning eflerlader det en fast hvid Rest, der ved nærmere Undersøgelse har vist sig at være et kemisk rent Stof: »vandfri Soda«. Hvis vi forud har vejet den

Soda, vi brugte til Forsøget, og hvis vi indretter Forsøget saaledes, at vi kan fortætte og veje den udviklede Vanddamp og ligeledes veje det dannede vandfri Soda, finder vi:

1. At den vandfri Soda og Vandet tilsammen vejer lige saa meget som den krystalliserede Soda.
2. At hvis vi gentager Forsøget mange Gange, vil vi hver Gang finde, at af 100 g Soda faar vi omtrent 63 g Vand og 37 g vandfri Soda.

Vi har set, hvorledes der af et rent Stof kan opstaa to nye rene Stoffer. Man siger da, at det første Stof er en *kemisk Forbindelse* af de to sidste, og at disse sidste er *Bestanddele* i den kemiske Forbindelse. Altsaa:

1. *En kemisk Forbinde'se er et rent Stof, af hvilket der under visse Omstændigheder kan opstaa et eller flere nye rene Stoffer.*

Som vi saa det ved Sodaens Spaltning, saaledes gælder det ganske i Almindelighed, at:

2. *Den kemiske Forbindelse indeholder sine Bestanddele i bestemte uforanderlige Vægtforhold.*

Egentlig følger den sidste Egenskab ved den kemiske Forbindelse allerede deraf, at den er et *rent Stof*. Thi dette kendes jo paa sine uforanderlige Egenskaber, og til Egenskaberne hører det jo ogsaa at spaltes i sine Bestanddele efter et bestemt Forhold. Vi kan derfor heller ikke vente os at finde Bestanddelenes Egenskaber uforandrede igen hos den kemiske Forbindelse. Dette er derimod hyppigt Tilfældet med Blandinger: Vi skal straks se Eksempler herpaa.

Vi kunde nu spørge, om de to Bestanddele, hvori Sodaen spaltedes ved Ophedning, nemlig den vandfri Soda og Vandet, ikke selv er kemiske Forbindelser. Dette er i Virkeligheden Tilfældet. Allerede ved simpel Ophedning til meget høj Temperatur gaar Vanddamp

over til at være en Blanding af to nye rene Stoffer, nemlig Luftarterne Ilt og Brint, der altsaa er Vandets Bestanddele (da Vandet er en Bestanddel i Soda, kan man altsaa ogsaa sige, at Ilt og Brint er Bestanddele i dette).

Vandets Spaltning i sine Bestanddele lader sig endnu lettere udføre paa en anden Maade. Leder vi en elektrisk Strøm igennem Vand, der er gjort ledende for Strømmen ved Tilsætning af lidt fortyndet Svovlsyre, saa finder vi, at der ved de Platintraade, hvor Strømmen træder ind og ud af Vædsken, udvikles to Luftarter, som vi kan opsamle hver for sig. Disse to Luftarter kan vises at være rene Stoffer; de er altsaa Bestanddele i Vandet, thi de kan kun være opstaaet af Vandet; Metalpladerne forbliver nemlig ganske uforandrede, og man kan ogsaa paavise, at Svovlsyrens Mængde bliver uforandret. Undersøger vi Luftarternes Egenskaber, finder vi blandt andet, at den ene er brændbar (den, der dannes i størst Mængde), medens den anden ikke er brændbar, men derimod nærer Forbrændingen livligt (en glødende Træpind bryder i Brand, naar den stikkes ned deri). Den første Bestanddel hedder *Brint*, den anden *Ilt*. Vi finder ved Forsøget, at der opstaaer 2 Rumfang Brint for hvert Rumfang Ilt. Da nu et Rumfang Ilt vejer 16 Gange saa meget som et Rumfang Brint, er Vandet altsaa en kemisk Forbindelse af 8 Vægtdele Ilt og 1 Vægtdel Brint. Ilten og Brinten er det ikke lykkedes yderligere at spalte i Bestanddele.

Man har fundet, at ogsaa den vandfri Soda, vi fik ved Opvarmning af den vandholdige, ligesom Vandet lader sig spalte i Bestanddele, og fortsætter vi Spaltningen saa vidt som muligt, kommer vi til tre rene Stoffer, nemlig *Natrium* (et Metal), *Kulstof* (som f. Eks. Kønrog) og Luftarten *Ilt*.

Paa lignende Maade som Sodaen har man nu under-

søgt en overordentlig stor Mængde naturlige og kunstige kemiske Forbindelser og opløst dem i Bestanddele, saa vidt det lod sig gøre. De sidste Bestanddele, man saaledes er kommen til, og som man altsaa ikke yderligere har kunnet opløse i andre Bestanddele, kalder man Grundstoffer. Det er altsaa ikke ganske sikkert, at et Stof, der i Dag anses for et Grundstof, vil være det om 10 Aar. *Ved et Grundstof vil vi forstaa et Stof, der ikke under nogen kendte Betingelser i Henseende til Tryk og Temperatur ophører med at være et rent Stof.*

Skønt man har undersøgt mange Tusinde kemiske Forbindelser, er Antallet af Grundstoffer forholdsvis ringe, nemlig ca. 80.

Alle kendte rene Stoffer er altsaa enten Grundstoffer eller kemiske Forbindelser af nogle af disse 80 Grundstoffer. Nedenfor følger en Fortegnelse over de vigtigste af dem. Der er ved hvert Navn tilføjet et Tegn og et Tal, hvis Betydning vi siden skal lære at kende:

Aluminium	<i>Al</i>	27,1	Klor	<i>Cl</i>	35,5
Antimon	<i>Sb</i>	120	Kobber	<i>Cu</i>	63,6
Arsenik	<i>As</i>	75	Krom	<i>Cr</i>	52,1
Baryum	<i>Ba</i>	137	Kulstof	<i>C</i>	12
Bly	<i>Pb</i>	207	Kvægsølv	<i>Hg</i>	200
Bor	<i>B</i>	11	Kvælstof	<i>N</i>	14
Brint	<i>H</i>	1,01	Magnium	<i>Mg</i>	24,4
Brom	<i>Br</i>	80	Mangan	<i>Mn</i>	55
Fluor	<i>Fl</i>	19	Natrium	<i>Na</i>	23
Fosfor	<i>P</i>	31	Nikkel	<i>Ni</i>	58,7
Guld	<i>An</i>	197	Platin	<i>Pt</i>	195
Ilt	<i>O</i>	16	Silicium	<i>Si</i>	28,4
Jern	<i>Fe</i>	56	Svovl	<i>S</i>	32
Jod	<i>J</i>	127	Sølv	<i>Ag</i>	108
Kalcium	<i>Ca</i>	40	Tin	<i>Sn</i>	119
Kalium	<i>K</i>	39	Zink	<i>Zn</i>	65

Vi vil nu undersøge et andet rent Stof, der ligesom den krystalliserede Soda er en kemisk Forbindelse, nemlig Tvekulsurt Natron. Vi finder, at det ved Op-
hedning afgiver Vand (og tilsyneladende ikke andet), og at det efterlader en hvid Rest, som ved nærmere
Undersøgelse viser sig at være den samme, som vi fik af Sodaen, altsaa et rent Stof, vandfri Soda. Udfører vi
Forsøget lidt anderledes, ser vi tillige, at der udvikles store Mængder Luft, som vi kan opsamle over Vand. Denne Luft er ikke almindelig Luft, men et kemisk
rent Stof, en Luftart, som kaldes Kulsyre. Den kendes let paa, at lidt Kalkvand, der hældes i Glasset, straks bliver mælket.

Vi kan godt udføre Forsøget saaledes, at vi opsamler og vejer saavel den udviklede Vanddamp som Kulsyren og den hvide Rest af vandfri Soda. Vi finder da, at 100 g Tvekulsurt Natron har givet ca. 63,1% vandfri Soda, 10,7 g Vand og 26,2 g Kulsyre.

Vi fandt ved Forsøget med Soda, at 100 g gav 37 g vandfri Soda og 63 g Vand. Vi vil nu udregne, hvor meget Vand der i hver af de to kemiske Forbindelser findes forbundet med 100 g vandfri Soda. For den krystalliserede Soda finder vi Vandmængden:

$$100 \cdot \frac{63}{37} = 170 \text{ (g); medens vi for tvekulsurt Natron}$$

$$\text{faar: } 100 \cdot \frac{10,7}{63,1} = 17 \text{ g.}$$

Vi ser altsaa, at i den krystalliserede Soda findes *akkurat 10 Gange saa meget Vand forbundet med en vis Mængde vandfri Soda*, som i tvekulsurt Natron.

Det overraskende simple Forhold, vi her har fundet, er ikke nogen Tilfældighed, men tværtimod et specielt Tilfælde af en kemisk Naturlov, som vi kan udtrykke saaledes:

Naar to Stoffer, *A* og *B*, er fælles Bestanddele i flere forskellige kemiske Forbindelser, saa vil de Mængder af *A*, der i forskellige Forbindelser er forbundne med en vis Mængde *B*, staa i Forhold til hinanden, der kan udtrykkes ved forholdsvis smaa hele Tal: (f. Eks. 1 : 10, 3 : 7, 4 : 5, 2 : 3 o. s. v.).

Denne Lov gælder, saavel naar Bestanddelene selv er kemiske Forbindelser, (saaledes som den vandfri Soda og Vandet i Eksemplerne ovenfor), som naar de er Grundstoffer. Vi saa før, at i Vand er 1 Vægtdel eller nøjagtigere $1,01$ Vægtdel Brint i Forbindelse med 8 Vægtdele Ilt. Grundstofferne Ilt og Brint forbinder sig nu ogsaa til en anden Forbindelse, *Brintoverilte*, hvori den samme Vægtmængde Brint er i Forbindelse med nøjagtigt den dobbelte Vægtmængde Ilt. Og Ilt og Brint indgaar i talrige Forbindelser med andre Grundstoffer, og for alle disse Forbindelser gælder det, at den Vægtmængde Ilt, de indeholder for hver $1,01$ Vægtdel Brint, er enten 8 eller staaer dog i et simpelt Forhold til 8 Vægtdele. Betragter vi et tredie Grundstof, f. Eks. Klor (en grønlig Luftart, der er stærkt ætsende), saa har man fundet, at $1,01$ Vægtdel Brint forbinder sig med $35,5$ Vægtdele Klor til en Luftart, Klorbrinte (som opløst i Vand er Saltsyre). Nu eksisterer der flere kemiske Forbindelser, der samtidig indeholder Klor, Ilt og Brint som Bestanddele. Af denne Lov kan vi nu slutte, at disse Forbindelser maa være saaledes sammensatte, at der paa $1,01$ g Brint kommer $35,5$ eller dog en Mængde, hvis Forhold til $35,5$ kan udtrykkes ved smaa hele Tal, f. Eks. $\frac{3}{7}$, $\frac{1}{2}$, 2, 5 eller lignende g Klor og en Mængde Ilt, der paa lignende Maade kan udtrykkes ved Tallet 8 (eller 16, 24 el. lign.).

Man kan paa Grundlag af Undersøgelser af Sammen-

sætningen af *nogle faa* Forbindelser af hvert Grundstof med andre Grundstoffer udfinde et Tal, »*Atomvægten*«, for hvert af disse, der paa en simpel Maade karakteriserer dets Vægtforhold til andre Grundstoffer i fælles kemiske Forbindelser. Atomvægtene er angivne ovenfor i Tabellen over Grundstofferne. Vi finder f. Eks. for Svovl Tallet 32, for Brint 1 og for Ilt 16. I alle Forbindelser, der samtidig indeholder disse 3 Stoffer, staar deres Vægtmængder i et Forhold til hinanden, der kan udtrykkes ved:

$$32 \text{ (eller } 32 \times 2 \text{ eller } 32 \times 3 \dots) : 1 \text{ (eller } 1 \times 2 \text{ (3, 4} \dots)) \\ : 16 \text{ (eller } 16 \times 2, 3, 4 \dots)$$

En saadan kemisk Forbindelse er f. Eks. Svovlsyre, der indeholder:

32 Vægtdele Svovl i Forbindelse med $1 \times 2 = 2$ Vægtdele Brint og

$16 \times 4 = 64$ Vægtdele Ilt. Vil vi altsaa vide, hvor mange % Svovl, der findes i Svovlsyre, bliver det følgende Reguladetrykke: Hvor mange Dele Svovl findes i 100 Dele Svovlsyre, naar der er 32 Dele i $32 + 2 + 64 = 98$ Dele?

$$\text{Svar: } 32 \cdot \frac{100}{98} = 32,6\% \text{ Svovl.}$$

For at gøre sig de kemiske Hovedlove mere anskuelige, har man fra gammel Tid gjort sig visse mekaniske Forestillinger om Stoffernes Natur. Man antager, at Grundstofferne bestaar af ganske overordentlig smaa Partikler, *Atom*er, som ikke kan deles eller tilintetgøres, og som for et og samme Grundstof alle er ganske ens. Disse Atomer antages saa at forbinde sig i Grupper, som man kalder for *Molekuler*, hvoraf alle Stoffer antages at være opbyggede.

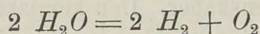
I Grundstofferne antages saa Molekulerne at være opbyggede af ensartede Atomer, i de kemiske Forbindelser derimod af uensartede.

Vægten af et enkelt Atom er ganske overordentlig lille, dens Størrelse har ikke megen praktisk Interesse; men det indbyrdes Forhold mellem Vægten af de forskellige Grundstoffers Atomer er bestemt ved de ovenfor omtalte Atomvægte. Naar vi altsaa ved, at f. Eks. Kobber, hvis Atomvægt er 63, og Ilt, hvis Atomvægt er 16, forbinder sig med hinanden, idet 63 g Kobber forbinder sig med 16 g Ilt til det sorte Kobberilte, saa antager vi, at dette sker paa den Maade, at hvert Iltatom forbinder sig med et Kobberatom til et Molekul Kobberilte. 63 g Kobber og 16 g Ilt maa altsaa indeholde lige mange Atomer, og Forholdet mellem disses Vægte maa være som 63:16.

Af Bekvemmelighedshensyn betegner man i Kemien de forskellige Grundstoffer ved korte Tegn, som de i Tabellen (Side 10) angivne. De er dannede af Begyndelsesbogstaverne til Stoffernes latinske Navne. Disse Tegn betegner nu ikke blot vedkommende Grundstof, men tillige dets Atomvægt. For at betegne den kemiske Forbindelses Molekul sammenstiller man saa Tegnene for de Atomer, der indeholdes i det. Hvis Molekulet indeholder flere end et Atom af een Slags, anbringer man et lille Tal foruden af vedkommende Tegn. Denne Tegnsammenstilling kaldes den kemiske Forbindelses *Formel* og er altsaa kun et kort Udtryk for en Del kemiske Kendsgerninger med Hensyn til vedkommende Forbindelse. Vandets Formel er saaledes H_2O . Af denne Formel kan vi blandt andet se, at Vandet indeholder $2 \times 1 = 2$ Vægtdele Brint i Forbindelse med 16 Vægtdele Ilt.

Ved en *kemisk Proces* forstaar vi enhver Tildragelse,

hvorved Stoffer forsvinder og nye Stoffer opstaa; vi har beskæftiget os med flere Eksempler herpaa. En kemisk Proces kan kort udtrykkes ved, at man opskriver paa den ene Side i en Sum Formlerne for de Stoffer, der var tilstede før Processen, og paa den anden Side for dem, der er tilstede efter Processen, og forbinder de to Summer med et Lighedstegn (=). F. Eks. har vi set, at Vandet af den elektriske Strøm spaltes i Ilt og Brint. Denne Proces udtrykkes ved:



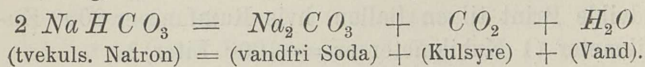
Naar flere Molekuler af samme Stof skal opskrives paa samme Side af Lighedstegnet, sætter man et større Tal foran dets Formel (skriver altsaa $2 H_2O$ i Stedet for $H_2O + H_2O$).

I ovenstaaende kemiske Ligning er nu kort udtrykt:

1. At Vand under visse Forhold kan omdannes til en Blanding af Ilt og Brint.
2. At naar dette sker, vil der af 2 Molekuler Vand dannes et Molekul Ilt og 2 Molekuler Brint (idet Iltmolekulet bestaar af to Iltatomer og Brintmolekulet af to Brintatomer).
3. Da den relative Vægt af Vandmolekulet er 18, nemlig Summen af Atomvægtene for de Atomer, hvoraf det bestaar, endvidere af Brintmolekulet 2 og af Iltmolekulet 32, saa ser vi fremdeles, at 36 Vægtdele Vand giver 32 Vægtdele Ilt og 4 Vægtdele Brint.

Opgave: 1. Soda har Molekulet $Na_2CO_3(H_2O)_{10}$. Hvor mange % Na_2CO_3 indeholder det?

2. Tvekulsurt Natron $NaHCO_3$ spaltes ved Opvarmning, saaledes som det kan udtrykkes ved Ligningen:

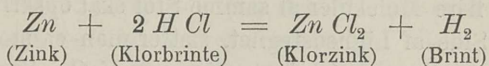


Hvor mange % Kulsyre afgiver det?

Brint.

Som vi har set, bestaar Vandet af Ilt og Brint, og ved Vandets Sønderdeling ved den elektriske Strøm opstod der 2 Rumfang Brint for hvert et Rumfang Ilt.

Brint kan vi dog ogsaa fremstille paa mange andre Maader. Overhælder vi saaledes nogle Zinkstrimler med Saltsyre, ser vi snart en livlig Luftudvikling. Den udviklede Luft viser sig at være brændbar og har iøvrigt alle Brintens Egenskaber. Den kemiske Proces, der her finder Sted, kan vi udtrykke ved Ligningen:



Forbindelsen HCl (Klorbrinte) er en farveløs Luftart, der ryger, naar den blandes med almindelig fugtig Luft, og som er meget letopløselig i Vand (der ved almindelig Temperatur kan optage indtil ca. 4–500 Gange sit eget Rumfang deraf). Denne Opløsning er det, vi kalder Saltsyre. Vi ser af Ligningen, at det, der foregaar, er, at Brintatomerne i to Molekuler Klorbrinte ombyttes med 1 Zinkatom, og der dannes et Molekul af en ny Forbindelse, Klorzink, og et Molekul af Grundstoffet Brint.

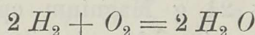
Vi kan opsamle Brinten over Vand, som vi gjorde med Kulsyren. Vi finder, at den er farveløs og uden Lugt og Smag. Den er ca. 14 Gange lettere end Luften og anvendes derfor til Fyldning af Luftballoner.

Opgaver: 1. Et g Brint indtager ved almindeligt Lufttryk (760 mm Kvægsølv søjle) og 0° et Rumfang af 11,12 Liter. Hvormange kg Zink skal opløses for at udvikle Brint til en Ballon, hvis Rumfang er 8000 Kubikmeter (1 Kubikmeter er = 1000 Liter)?

2. Hvormeget tør Ballonhylster, Gondol og Passa-

gerer tilsammen veje (ved 760 mm Tryk og 0°), naar 1 Kubikmeter Luft vejer ca. 1,3 kg?

Brintens mest udprægede kemiske Egenskab er dens store Tilbøjelighed til at forbinde sig med Ilt. Naar den antændes, brænder den i Luften *under stærk Varmeudvikling* til Vanddamp, idet den forbinder sig med Luftens Ilt. Et koldt Glas, der holdes over Flammen, dugges indvendig af det dannede Vand. Processen foregaar efter Ligningen:



Den stærke Varmeudvikling, vi iagttager ved Brintens og Iltens Forening til Vand, er et specielt Tilfælde af en almindelig Lov, nemlig, *at Dannelsen af den kemiske Forbindelse af sine Bestanddele ledsages af en Varmetoning* (Udvikling eller Forbrug af Varme), der i Reglen er en Varmeudvikling.

Blander man Brint med et passende Kvantum Ilt eller Luft og antænder Blandingen, sker der en voldsom Eksplosion, idet Brinten forbrænder i et Øjeblik.

Luften. Ilt. Forbrænding. Energi.

Hvis vi opheder et Stykke Magniumbaand i Luften, bryder det i Brand og brænder, idet det efterlader en hvid Aske. Denne Aske er tungere end det forsvundne Magnium. Der er altsaa sket en kemisk Proces, hvorved Magniummet har optaget andre Bestanddele, og disse kan kun være komne fra Luften. Foretager vi Forbrændingen i et over Vand afspærret Rum, finder vi, at Vandet efter Forbrændingen stiger op i Rummet og fylder omtrent $\frac{1}{5}$ af dette. Og vi ser, at Magnium-

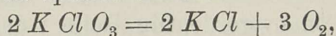
baandet slukkes, uagtet det langtfra er oprændt. Den tilbageværende Luft er altsaa ikke i Stand til at nære Forbrændingen mere, og et Dyr, der bragtes derind, vilde kvæles. En nærmere Undersøgelse viser nu, at Luften i Hovedsagen er en Blanding af 2 Luftarter, en ildnærende, Ilten (O_2), der udgør omtrent $\frac{1}{5}$ af Rumfanget, og en anden Luftart, der kaldes Kvælstof (N_2). Den Proces, der foregaar, naar Magnium brænder, kan udtrykkes ved den kemiske Ligning: $Mg + O = MgO$, hvoraf vi ser, at 24 g Magnium optager 16 g Ilt, hvorved der opstaar 40 g Magniumilte (Magnesia).

Blander vi Luft med en passende Mængde Brint og antænder Blandingen, foregaar Forbrændingen, som vi har set, under Eksplosion. Har vi tilsat en Brintmængde, der er større end det dobbelte Rumfang af den Iltmængde, der findes i Luften, vil den blive tilovers efter Forbrændingen, medens al Ilt vil forene sig med Brint til Vand. Afkøler vi Blandingen efter Eksplosionen, vil Vandet være i flydende Form, og dets Rumfang derfor ganske forsvindende i Forhold til Luftarternes. Vi kan derfor benytte dette Forsøg til at udfinde Luftens Sammensætning. Vi behøver nemlig kun at undersøge, hvor stort et Luftrumfang der forsvinder ved Eksplosionen. Vi ved da, at $\frac{1}{3}$ af dette Rumfang er hele den Iltmængde, som fandtes i den oprindelig anvendte Luftmængde (thi det forsvundne Luftrumfang er jo 2 Rumfang Brint + 1 Rumfang Ilt). Vi finder da, at 160 Rumfang Luft indeholder omtrent 21 Rumfang Ilt. Resten er næsten udelukkende Kvælstof. Dog findes der ringe Mængder af andre Stoffer, navnlig ca. 3 Rumfang Kulsyre i 10000 Rumfang Luft. Denne Kulsyre er en absolut Livsbetingelse for alt Planteliv.

Gentager vi denne Analyse med den Luft, vi kan vinde ved Udkogning af Drikkevand, finder vi, at Sam-

mensætningen er en væsentlig anden, hvilket tydeligt viser os, at Luften ikke er et rent Stof og altsaa ikke kan være en kemisk Forbindelse af Kvælstoffet og Ilten, men kun en Blanding,

Det er rimeligt, at alle de Processer, hvori Luften spiller en Rolle paa Grund af sit Iltindhold, vil forløbe livligere i kemisk ren Ilt end i Luft. Vi kan faa denne blandt andet ved at ophede et hvidt Stof, Kaliumklorat, $KClO_3$, der da spaltes saaledes



idet der dannes Klorkalium, KCl , og Ilt, O_2 . Brændbare Stoffer, som Svovl og Kul, forbrænder langt livligere i Ilt end i Luften, og selv Stoffer som Jern i kompakt Form kan bringes til at brænde i den rene Ilt. I almindelig Luft kan Jern vel ved Ophedning forbinde sig med Ilt paa Overfladen, men Processen gaar kun langsomt, da det dannede Lag Ilte beskytter Jernet. De allerfleste Grundstoffer forbinder sig direkte med Ilt, navnlig er der blandt de Grundstoffer, der er Metaller, kun ganske faa, især Guld, Sølv og Platin, de saakaldte ædle Metaller, der ikke gør dette. Næsten alle andre Metaller angribes af Luften under Dannelse af iltholdige Metalforbindelser.

For alt organisk Liv spiller Luftens Ilt en fremtrædende Rolle. Ved Aandedrættet optager Organismen Ilt, som fra Lungerne (eller Fiskenes Gæller) føres rundt i Legemet med Blodet og her foraarsager en Række Iltningsprocesser (d. v. s. saadanne, hvorved der dannes nye Stoffer under Optagelse af Ilt), hvis Resultat paa den ene Side er en Udvikling af Varme og Arbejdsevne og paa den anden Side gennem mange Mellemede Dannelsen af de samme Stoffer, Kulsyre (CO_2) og Vand (H_2O), som vilde opstaa ved en Forbrænding af Legemets Væv. Man forstaar derfor let,

at nogen Tids Indaanding af ren Ilt kan have en meget oplivende Virkning paa Legemet; dette anvendes blandt andet til Druknedes Genoplivning, idet man ligefrem indpumper ren Ilt i den Forulykkedes Lunger.

Ved Forbrænding forstaar man i Almindelighed en Iltningsproces, der foregaar under Udvikling af Varme og i Almindelighed ogsaa Lys, og som skrider frem uden Tilførsel af anden Varme end den, der dannes ved Processen. Saadanne Processer er meget almindelige og spiller en overordentlig Rolle i det daglige Liv og Teknikken. En overordentlig stor Mængde Stoffer er i Stand til at brænde, naar de ophedes i Berøring med Luft; vi saa, hvorledes Magnium var i Stand til at brænde, naar det antændes. Men af teknisk Betydning i denne Henseende er kun en Række kulstofholdige Stoffer, som stammer fra Plante- eller Dyrestoffer, saasom Træ, Tørv, Brunkul, Stenkul, Gas, Petroleum, Benzin, Stearin etc.

For at en Forbrænding skal kunne foregaa, er tre Ting nødvendige: For det første de brændbare Stoffer, for det andet det fornødne Kvantum iltholdig Luft og endelig for det tredje, at Stoffet opvarmes til en vis Temperatur, Antændelsestemperaturen, hvorefter Processen fortsættes af sig selv. Mangler en af disse Ting, ophører Forbrændingen. At det brændbare Stof er nødvendigt, siger sig selv, og at Luften er nødvendig, kan vi let vise ved at sætte et Glas over et brændende Lys, der da meget snart gaar ud. At Antændelse er nødvendig, ved vi ogsaa fra det daglige Liv; man kan imidlertid omvendt slukke Branden ved at afkøle Stoffet under Antændelsestemperaturen; dette sker t. Eks., naar man puster et Lys ud. Af denne Grund kan Forbrændingen i en Blanding af Gas og Luft standses af et finmasket Metaltraadsnet, da dette leder Varmen saa

godt, at Luftblandingen her afkøles under Antændelsestemperaturen. Dette anvendes i Sikkerhedslamper til Kulgruber.

Stoffer, der er i Stand til at forbinde sig med Luftens Ilt, vil i Almindelighed begynde at gøre dette allerede langt under Antændelsestemperaturen, ja, man har endog Grund til at tro, at de gør det selv ved meget lave Temperaturer, men at blot Hastigheden da bliver saa ringe, at vi ikke kan paavise det. Ved Iltning af en bestemt Mængde Stof udvikles der en ganske bestemt Varmemængde, som er uafhængig af, om Iltningen foregaar hurtigt eller langsomt. Men den Varme, der udvikles, vil naturligvis efterhaanden bortledes til Omgivelserne; thi Varmen har jo som bekendt den Egen-skab at søge at udbrede sig fra de varmere til de koldere Ting, indtil de alle er lige varme. Men hvis et Punkt af et brændbart Stof opvarmes saa stærkt, at den Varmemængde, der udvikles i en vis Tid ved Iltning, bliver større end den, der bortledes til Omgivelserne, saa vil Opvarmningen af sig selv blive stærkere og stærkere og efterhaanden brede sig til Nabodelene, saa at disse ogsaa kommer i Brand. Vi har med andre Ord naaet Antændelsestemperaturen. Brændbare Stoffer, hvis Antændelsestemperatur er lav (f. Eks. Fosfor, der tændes ved ca. 60°), eller som frembyder en stor Overflade for Luften (som Høvlspaaner) er brandfarlige. Aller brandfarligst er naturligvis de luftformige brændbare Stoffer, der ligefrem blander sig med Luften, og hvor Forbrændingen derfor ved Antændelse forplanter sig med rivende Hastighed, det vil sige Eksplosion. Det følger af Sagens Natur, at Antændelsestemperaturen kun for de luftformige brændbare Stoffers Vedkommende kan være uafhængige af Stoffets fysiske Beskaffenhed (Kornstørrelse, ydre Form etc.). Saaledes er svovlkis-

holdige Stenkul selvantændelige (d. v. s. antændes uden Tilførsel af Varme udefra), naar de ligger i en større Bunke, men ikke, naar Kulstykkerne ligger spredt enkeltvis. Dette ligger i, at der foregaar en langsom Iltning, og at Varmen ikke kan slippe saa hurtigt ud af den store Bunke som af de enkelte Stykker; Temperaturen stiger derfor mere og mere i Bunken, indtil Iltningen antager Karakteren af en Brand.

Naar vi opvarmer et Stof stærkere og stærkere, vil det før eller senere begynde at gløde, d. v. s. udsende Lys- og Varmestraaler. I Almindelighed vil Styrken af Udstraalingen være desto stærkere, jo mere uigennemsigtigt Stoffet er. Derfor lyser en Kogegasflamme, der bestaar af 15—1600° varme gennemsigtige Luftarter, meget svagere end et rødglødende Jern, der maaske kun er 700° varmt. For at der skal dannes stærkt Lys ved en Forbrænding, maa der være et uigennemsigtigt Stof, der kan blive glødende; jo varmere dette bliver, desto mere lyser det. I Kogegasflammen er Gassen blandet med Luft, inden Forbrændingen foregaar, og der findes ingen uigennemsigtige Stoffer i Flammen, den lyser derfor ikke. Lader man derimod Gassen strømme ublandet ud i Luften, bliver Flammen lysende. Den egentlige Forbrænding foregaar da ude i den yderste usynlige Del af Flammen, hvor Temperaturen derfor er højest. Gassen indeholder nu kemiske Forbindelser af Kulstof og Brint. Efterhaanden som Gassen nærmer sig Yderkanten af Flammen, spaltes disse kemiske Forbindelser paa Grund af den høje Temperatur, og Kulstoffet udskilles i Form af faste Partikler (Sod, der let kan eftervises ved at holde en kold Genstand ind i Flammen), der bliver hvidglødende paa Grund af den høje Temperatur og derfor udsender Lys. De fleste af vore sædvanlige Brændselsstoffer udsender

ved Opvarmning brændbare Luftarter af lignende Sammensætning som Gassen og brænder derfor ogsaa med lysende Flamme. Ogsaa Kogegasflammen kan bringes til at lyse, nemlig ved at man bringer et fast Legeme ind i Flammen og derved opvarmer dette saa stærkt, at det kommer til at lyse. Det er dette, der sker i det Auerske Gasglødelys. Glødenettet bestaar af Stoffer, der er uforbrændelige og har Evne til at udsende en meget stor Mængde Lys ved en forholdsvis lav Temperatur. Da nu Kogegasflammen tillige varmer langt kraftigere end den lysende Flamme, saa faar man paa denne Maade en langt større Mængde Lys ved at brænde et vist Kvantum Gas, end ved direkte Forbrænding i en af de gammeldags Snitbrændere.

Naar Kogegasflammen er varmere end den lysende Gasflamme, saa ligger dette ikke i, at der her udvikles mere Varme af en vis Mængde Gas, i den Henseende er der ingen Forskel. Men derved, at der i Kogegasflammen forud er blandet Luft ind i Gassen, er det muligt at faa Forbrændingen til at foregaa saaledes, at der ikke medgaar synderligt mere Luft end den netop fornødne Mængde. Forbrændingsprodukterne bliver derfor ikke saa stærkt blandede med almindelig Luft, og den udviklede Varmemængde bliver derfor i Kogegasflammen fordelt paa en mindre Mængde Luft end i den lysende Gasflamme. Men naar den samme Varmemængde fordeles paa en mindre Stofmængde, bliver Temperaturen højere.

Den høje Temperatur af Gasflammen har nu ikke blot Betydning, naar den anvendes til Belysning, men ogsaa naar den anvendes til Opvarmning. Thi jo større Temperaturforskellen er paa Gasflammen og f. Eks. Vandet i Tekedlen, desto større en Brøkdæl af den udviklede Varme vil der trænge ind i Kedlen.

Energien og dens Forvandlinger.

Vi har set, at der ved Forbrænding og overhovedet ved næsten alle kemiske Processer, hvorved et Stof dannes af sine Bestanddele, udvikles Varme. Denne Varme udnyttes nu i Praksis ikke blot til Opvarmning, men overmaade hyppigt til at frembringe Bevægelse, udrette Arbejde, saaledes som det sker i en Damp- eller Gasmaskine. Vi vil derfor undersøge, hvilken Sammenhæng der er mellem Varme, Arbejde og forskellige andre Ting, som man tilsammen kalder *Energi*.

Naar vi løfter en Byrde eller trækker en Vogn hen ad et Underlag, siger man, at vi udretter et *Arbejde*, der maales ved Produktet af den Kraft, hvormed vi har maattet trække i Byrden eller Vognen, og det Stykke, Byrden eller Vognen har flyttet sig (i Kraftens Retning). Kraften kan vi maale i Kilogram (den Kraft, hvormed et hvilende Kilogramslod trykker paa sit Underlag), Vejen i Meter og det udrettede Arbejde i Kilogrammeter. Har vi løftet en Byrde, der vejer 15 Kilogram, 3 Meter i Vejret, saa har vi dermed udrettet et Arbejde paa 45 Kilogrammeter. At staa stille og bære paa en Byrde er i fysisk Forstand intet Arbejde (om det end i daglig Tale kaldes Arbejde, fordi det, ligesom fysisk Arbejde, har Muskeltræthed til Følge).

Hvis vi udøver et Træk eller Tryk paa et frit bevægeligt Legeme, vil dette komme i Bevægelse. Vi udretter herved et Arbejde, som er større, jo mere Legemet vejer, og jo større Fart vi giver det. Hvis vi f. Eks. udslynger en Keglekugle henad et vandret Underlag, saa udretter vi hermed et Arbejde; den er jo nu i Stand til at vælte Keglerne. Undersøger vi Forholdene, naar Legemets Bevægelser foregaar med forsvindende ringe Gnidning og Modstand, finder vi, at

Legemet, naar det atter standses, kan udrette nøjagtigt det samme Arbejde, som blev anvendt til at sætte det i Bevægelse. Man siger, at Legemet, der er i Bevægelse, besidder *Bevægelsesenergi*. Hvis vi maaler denne ved den Arbejdsevne, det bevægede Legeme har, ser vi altsaa, at der opstaaer en bestemt Mængde Bevægelsesenergi af en bestemt Mængde Arbejde, og omvendt.

Hvis vi kaster en Sten op paa Taget, saaledes at den bliver liggende i Tagrenden, saa har vi dermed først afgivet Arbejde til Stenen ligesom før til Kuglekuglen. Stenen er derefter bleven standset i sin Bevægelse opefter, derved at Tyngden har virket paa den; naar den nu f. Eks. netop naar saa højt, at den lægger sig til Ro i Tagrenden, saa har den jo ikke mere nogen Bevægelsesenergi, og det Arbejde, vi udrettede, er dermed tilsyneladende gaaet tabt. Men hvis vi skubber Stenen ud af Tagrenden, vil den, ved at synke eller falde ned til Jorden igen, kunne udrette den samme Mængde Arbejde som det, vi oprindeligt maatte anvende for at udslynge Stenen. (Dette Arbejde er Produktet af Stenens Vægt og den Højde, hvortil den er løftet). Man siger, at Stenen besidder *Beliggenhedsenergi*. Og vi ser, at ogsaa her gælder det, at af en bestemt Mængde Arbejde kan der opstaa en bestemt Mængde Beliggenhedsenergi, og omvendt.

Der er nu en hel Del andre Ting, der ligesom Bevægelsesenergi lader sig maale (men derimod ikke veje), og som ligesom disse lader sig forvandle til Arbejde og omvendt kan opstaa af Arbejde. Saadanne Ting kaldes *Energi* i dens forskellige Former. *Energi lader sig hverken skabe eller tilintetgøre, men kun omforme.*

Saadanne andre Energiformer er f. Eks. Varme, elektrisk Energi, Lys- og Varmestraaler og kemisk Energi. Arbejde kan forvandles til Varme, naar man bruger

Arbejdet til at overvinde en Gnidningsmodstand. Derfor kan et Akselleje løbe varmt, og Bore- eller Drejestaal bliver varmt ved Brugen. En Varmemængde kan maales ved den Forhøjelse af Varmegraden, som den frembringer hos en bestemt Mængde af et bestemt Stof. Som Maal for Varmemængder bruger man den Mængde Varme, der skal til for at opvarme et kg Vand 1° Celsius. Det viser sig nu, at naar Arbejde forvandles til Varme, skal der altid 425 Kilogrammeter til for at frembringe en Varmeenhed og omvendt, naar Varme forvandles til Arbejde, opstaar der 425 Kilogrammeter af en Kilogramgrad. Vi ser altsaa atter, at Energien vel kan forvandles, men ikke tilintetgøres eller skabes. Og saaledes forholder det sig med alle Energiformer, som vi er i Stand til at maale.

I denne Henseende er der altsaa ingen Forskel paa de forskellige Energiformer. Men i en anden Henseende er der stor Forskel. Medens det altid er muligt at forvandle en vis Mængde Arbejde fuldstændigt til en af de andre Energiformer eller dog saaledes, at Tabet, d. v. s. den Mængde Energi, der antager ikke ønskede Former, bliver ganske forsvindende, saa lader det omvendte sig ikke altid gøre. Varme lader sig saaledes kun forvandle til Arbejde, naar vi kan disponere over et »Temperaturfald«. Det vil sige, at vi maa have to Legemer med forskellig Temperatur. Varme vil da af sig selv kunne gaa fra det Sted, hvor Temperaturen er høj, til det Sted, hvor den er lav. Vi kan da, naar vi lader en vis Varmemængde gaa fra den høje Temperatur og indretter os paa passende Maade, faa *en Del*, men *ikke al* denne Varme forvandlet til Arbejde, medens den øvrige Del af Varmen uforandret gaar over til den lavere Temperatur. Det er det, der sker i vore Damp-, Gas- og andre saadanne Kraftmaskiner, hvor

vi udnytter den Varme, vi kan faa af et eller andet Brændsel. I Fyret under Dampkedlen har vi Legemet med den høje Temperatur, hvorfra Varmen trænger ind til Vandet i Kedlen og forvandler det til Damp, denne passerer Maskinen og udretter Arbejde for tilsidst at udmunde i den frie Luft eller Kondensatoren, hvor vi har den lave Temperatur.

Naar to Stoffer forbinder sig med hinanden, udvikles der, som vi ved, i Almindelighed Varme. Det er nu undertiden muligt at lede den kemiske Proces saaledes, at vi i Stedet for al eller en Del af Varmen faar andre Energiformer. Under alle Omstændigheder maa de Stoffer, der er tilstede før den kemiske Proces foregaar, jo indeholde en Energiform, der under Processen antager nye Former. Man kalder denne Energiform *kemisk Energi*.

Man kan nu opstille de forskellige Energiformer i en Række efter den Fuldstændighed, hvormed de lader sig forvandle uden Tab (d. v. s. uden at der opstaar ikke ønskede Energiformer) til andre Energiformer. Man faar da omtrent Rækken: Arbejde — Bevægelsesenergi — elektrisk Energi — kemisk Energi — Varme. Da Arbejde, som den mest forvandlingsdygtige Form, staar øverst i Rækken, beror Værdien af de andre Energiformer for tekniske Anvendelser i første Række paa den Fuldstændighed, hvormed de lader sig forvandle til Arbejde. Varmen staar nederst i Rækken som den mindst forvandlingsdygtige Form, og det er derfor principmæssigt uheldigt, naar vi ved Dampmaskinen først forvandler Kullenes kemiske (Forbrændings-) Energi fuldstændigt til Varme og derefter forvandler en Brøkdel af denne Varme til Arbejde. I Virkeligheden er det selv ved de bedste Dampmaskiner ikke muligt at forvandle mere end ca. 33 % af Kullenes kemiske Energi

til Arbejde. Det vilde være langt fordelagtigere, hvis man kunde finde en Fremgangsmaade, hvorved man kunde forvandle Kullenes kemiske Energi direkte til elektrisk Energi. Denne lader sig nemlig saa godt som uden Tab forvandle til Arbejde i de elektriske Motorer. Denne Opgave vil maaske i Fremtiden blive løst. Man kender i alt Fald adskillige kemiske Processer, der lader sig udføre saaledes, at saa godt som hele den udviklede Energimængde optræder i Form af elektrisk Energi. Paa en saadan kemisk Proces beror f. Eks. Virkningen af den almindelige elektriske Blyakkumulator.

Ved enhver Omformning af Energien formindskes dens Evne til at omformes til Arbejde, idet i Praksis altid en Del af Energien vil omformes til mindre værdifulde Former, f. Eks. til Varme, eller Varme af højere Temperatur vil gaa over til lavere Temperatur og derfor blive mindre værdifuld.

Da nu al Virksomhed og al Tildragelse overhovedet beror paa Energiomformninger, maatte al Virksomhed og alle Tildragelser høre op, naar engang al disponibel Energi havde omformet sig til Varme af ensartet Temperatur. Vi maa derfor stadig tilføre vor Organisme og alle vore Indretninger ny omsætningsdygtig Energi. Dette sker for vort og for Dyrenes Vedkommende gennem Føden, der tilfører os sin kemiske Energi, og for Teknikkens Vedkommende hovedsagelig gennem Brændslet. Da nu saavel vor Føde som vort Brændsel direkte eller indirekte stammer fra Planterverdenen, er dennes kemiske Energi vor vigtigste Livsbetingelse. Planterne er derimod i Stand til at optage Energi i Form af Sollys. De grønne Plantedele er nemlig ved dettes Hjælp i Stand til at foretage en kemisk Proces, der kun foregaar under Forbrug af Energi, nemlig at adskille den i Luften indeholdte Kul-

syre i dens Bestanddele, Kulstof, som de optager i Form af mangfoldige kemiske Forbindelser, og Ilt, som de udskiller.

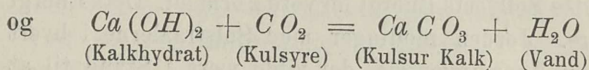
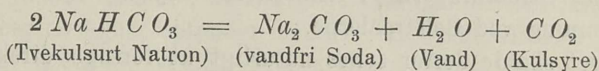
Al vor Energi stammer saaledes i sidste Linie fra Solen. Dette gælder ogsaa Vand- og Vindkraften. Ved Solstraalernes Energi bringes jo Havvandet til at fordampe og danne Skyer, Regn, Floder og Vandfald, og ogsaa Strømningerne i Atmosfæren skyldes dens Opvarmning ved Solstraalerne.

Det skulde derfor synes naturligt at forsøge direkte at udnytte Sollysets Energi for vore Formaal. Dets Energi er uhyre. Jorden modtager med Solstraalerne i hvert Minut en Energimængde, der vilde være i Stand til at drive samtlige Jordens Dampmaskiner i flere Tusinde Aar. Alligevel er Vanskelighederne saa store, at man ikke endnu har naaet noget praktisk Resultat. Men naar vore Kul- og Petroleumselejer engang slipper op, vil man maaske dog være henvist til denne Udvej.

Værdien af alle i Teknikken anvendte Værktøjer og Maskiner beror paa *den Fuldstændighed, hvormed de formaar at omsætte Energien i den ønskede Form.* Den Procentmængde af den tilførte Energi, der omsættes til nyttig Energi, kaldes Nyttevirkningen, og er altsaa et Maal for Værktøjets Fuldkommenhed. Saaledes beror et skærende Værktøjs Værdi paa, at det formaar at anvende den størst mulige Del af det fra Motoren stammende Arbejde til at overvinde Materialets Modstand mod den ønskede Formforandring. Det maa derfor være skarpt, saa at Arbejdet ikke anvendes til unødige Sønderdeling af Spaanerne eller til Gnidningsarbejde. En Glødelampes Værdi beror paa den Mængde af den tilførte elektriske Energi, den formaar at omsætte til Lysenergi, og saaledes fremdeles.

Kulsyre.

Vi har set, hvorledes vi ved Ophedning af tvekulsurt Natron fik udviklet en Luftart, Kulsyre, som havde den Egenskab at frembringe et hvidt Bundfald, naar den ledes ned i en klar Opløsning af Kalkhydrat (Kalkvand). Processerne kan udtrykkes ved Ligningerne:

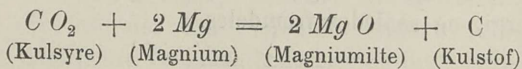


$Ca C O_3$, Kulsur Kalk, er ganske uopløselig i Vand og danner derfor et Bundfald.

Denne Luftart, Kulsyre, forekommer i ringe Mængde i Luften (3 Rumfang i ca. 10000 Rumfang), og dens Tilstedeværelse dér er en absolut Betingelse for Planternes Liv, idet de fra den henter største Delen af det Kulstof, der udgør en væsentlig Bestanddel af dem. Kulsyren er farveløs, dens Vægtfylde er omtrent $1\frac{1}{2}$ Gange saa stor som almindelig Lufts, og den kan derfor samle sig og blive staaende i længere Tid paa Bunden af Brønde og lign.

Kulsyren bestaar, som Formlen $C O_2$ viser, af Grundstofferne Kulstof og Ilt og kan fremstilles direkte af disse Bestanddele. Ved Forbrænding af Kulstof i ren Ilt opstaar Kulsyre, som kan paavises med Kalkvand.

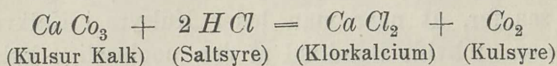
Metallet Magnium brænder antændt i Luften videre, naar det bringes ind i Kulsyreluft, idet det forbinder sig med Kulsyrens Ilt, medens Kulstoffet udskilles:



Ogsaa heraf ser vi, at Kulsyren bestaar af Kulstof og Ilt.

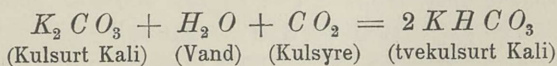
Alle vore Brændselsstoffer er kulstofholdige. Ved deres Forbrænding i Luften 'opstaar derfor ligeledes Kulsyre, hvad vi let kan vise. Et brændende Stearinlys, f. Eks., som sænkes ned i en Kolbe, der paa Bunden indeholder lidt Kalkvand, gør hurtigt dette uklart.

I det smaa, til Laboratoriebrug, fremstilles Kulsyre ved at opløse kulsur Kalk (i Form af Marmor) i Saltsyre. Der foregaar da Processen:



Der dannes altsaa en Opløsning af Klorkalcium, der er meget letopløseligt i Vand, og udvikles Kulsyre.

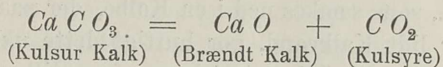
I det store fremstilles Kulsyre bl. a. ved at forbrænde Kokes i Luften. Man faar derved en Blanding af Kulsyre og Kvælstof, blandet med Overskud af Luft. For at udskille Kulsyren af denne Blanding, leder man den vel afkølede Luftblanding ned i en kold Opløsning af kulsurt Kali, $K_2\ Co_3$, hvorved der foregaar Processen:



Naar denne Opløsning derefter koges, foregaar akkurat den omvendte Proces, og vi faar udviklet ren Kulsyre, kun blandet med Vanddampe, som for største Delen kan skilles fra ved Afkøling. Vi ser af Ligningen, at den Proces, der foregaar, er ganske den samme som den, hvorved tvekulsurt Natron spaltes ved Ophedning. Kun har vi her Kalium i Stedet for Natrium og en Opløsning i Stedet for det rene Stof.

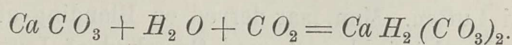
Kulsyre, der er fremstillet paa denne Maade, bringes i Handelen sammenpresset paa Staalflasker og anvendes blandt andet til Øludskænkning.

Kulsyre fremstilles ogsaa i det Store ved Ophedning af kulsur Kalk i en Kalkovn. Der sker da Processen:



Der dannes altsaa brændt Kalk som Biprodukt. Men Processen foretages ligesaa hyppigt blot for at vinde den brændte Kalk, medens man lader Kulsyren gaa tabt.

Vi saa før, at naar man leder Kulsyre i Kalkvand, faar man et hvidt Bundfald af den uopløselige kulsure Kalk, $CaCO_3$. Fortsætter man imidlertid Tilledningen af Kulsyre, opløses Bundfaldet igen, idet der dannes trekulsur Kalk, $CaH_2(CO_3)_2$, der er nogenlunde opløselig i Vand:



Hvis man koger Opløsningen, foregaar den omvendte Proces, og Bundfaldet kommer derfor igen. En saadan Opløsning er naturligt Vand, som jo derfor ogsaa bliver uklart ved Kogning.

Efter at vi nu har lært nogle enkelte kemiske Forbindelser at kende, skal vi kaste et Blik ud over den store Hovedmængde af kemiske Forbindelser, hvis Mangfoldighed, naar Kulstofforbindelserne undtages, langt fra er saa stor, som man skulde vente efter Grundstoffernes store Antal.

Man kan inddele Grundstofferne i to store Hoved-

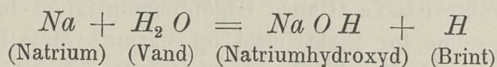
grupper: Metallerne og Metalloiderne. Til denne Inddeling svarer en Forskel i fysiske og kemiske Egenskaber. I fysisk Henseende viser navnlig Metallerne indbyrdes et udstrakt Fællesskab i Egenskaber, f. Eks. den karakteristiske Glans, Uigennemsigtighed og store Ledningsevne for Elektricitet og Varme. Metalloiderne viser mindre indbyrdes Overensstemmelse i fysiske Egenskaber. I kemisk Henseende viser Forskellen sig navnlig i Forbindelsernes Egenskaber, saaledes som de fremtræder i de to store Grupper af kemiske Forbindelser: Syrer og Baser, som vi straks skal beskæftige os med. Iøvrigt er der ingen skarp Overgang mellem Metaller og Metalloider, men Grundstofferne kan opstilles i en Række, i hvilken Egenskaberne gaar jævnt over fra udpræget metalliske til udpræget metalloidske.

Baser.

Hvis vi kommer et Stykke af Metallet Natrium (*Na*) i Vand, ser vi, at det smelter til en lille Kugle, der svømmer ovenpaa Vandet og efterhaanden svinder mere og mere ind. Samtidig foregaar der en livlig Luftudvikling, hvorved Kuglen drives rundt paa Overfladen i alle mulige Retninger. Den udviklede Luft er brændbar og viser sig at være Brint. Da Natrium er et Grundstof, maa Brinten stamme fra Vandet, og dette altsaa være bleven sønderdelt. Samtidig viser det sig, at Vandet har antaget nye Egenskaber. Det smager ludagtigt, gør Huden paa Fingrene slimet, og naar man dypper et Stykke Filtrepapir, der er farvet rødt med et Plantefarvestof, Lakmos, deri, bliver dette Lakmospapir farvet blaat. Man siger om et Stof, der frembringer denne Farveforandring, at det »reagerer basisk«.

Hvis man inddamper Vandet, finder man, at der

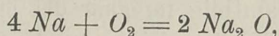
efterlades et hvidt Stof, Natriumhydroxyd (Ætsnatron, Natronhydrat), hvis Sammensætning kan udtrykkes ved Formlen $NaOH$. Den Proces, der foregaar, naar Natrium bringes i Berøring med Vand, kan udtrykkes ved



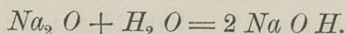
eller rettere: $2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$, idet der jo ikke kan dannes mindre end 1 Molekul Brint, H_2 .

Vi ser, at Natriumhydroxyd er sammensat som Vand, hvori det ene Brintatom er ombyttet med et Metalatom. Et Stof, der er sammensat paa denne Maade, altsaa som Vand, hvori Halvdelen af Brinten (i et eller flere Molekuler) er erstattet med Metal, kaldes en Base, og alle Baser har den Egenskab, at deres Opløsninger i Vand (for saa vidt de *kan* opløses i Vand), reagerer basisk.

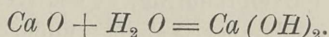
Vi kunde ogsaa have fremstillet Natriumhydroxydet af Natrium paa en anden Maade. Hvis vi opheder Natrium i Luften, brænder det til Natriumilte, idet



hvis vi bringer dette Natriumilte i Berøring med Vand, opløses det uden Brintudvikling, idet der foregaar Processen:

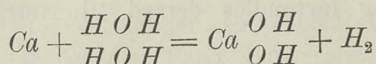


Mange Baser kan paa denne Maade dannes af de tilsvarende Metalilte og Vand. Saaledes opstaar af brændt Kalk, der er Kalciumilte, CaO , og Vand Kalciumhydroxyd (læsket Kalk) under stor Varmeudvikling efter Ligningen:



Atomgruppen OH findes aabenbart i alle Baser, da de opstaar ved, at Halvdelen af Vandets Brint ombyttes med Metal, saaledes at der af hvert Vandmolekul bliver Atomgruppen OH tilbage i Forbindelse med Metallet.

Naar f. Eks. Metallet Kalcium (Ca) bringes i Berøring med Vand, forvandles det under Brintudvikling til hvidt Kalciumhydroxyd, idet:



eller kortere skrevet: $Ca + 2 H_2 O = Ca (OH)_2 + H_2$.

Atomgruppen OH , der saaledes findes i alle Basers Molekuler, kan ofte overføres uforandret fra een kemisk Forbindelse til en anden. En saadan Atomgruppe, der altsaa ved en kemisk Proces kan spille en lignende Rolle som et enkelt Grundstofatom, kalder man et *Radikal*. Atomgruppen OH er et saadant Radikal, og den kaldes Hydroxyl, medens de kemiske Forbindelser, navnlig Baserne, af hvis Molekuler den udgør en Bestanddel, kaldes *Hydroxyder*. Vand kan aabenbart opfattes som Brinthydroxyd $H(OH) = H_2 O$.

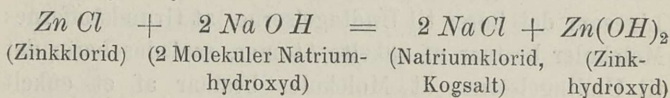
Et Radikal er altsaa kun en Del af et Molekul og derfor ikke noget Stof, thi dette bestaar jo af Molekuler. Ligesom det hører til Undtagelserne, at Grundstoffernes Molekuler bestaar af enkelte Atomer, saaledes hører det til Undtagelserne, at Molekuler bestaar af et enkelt Radikal. Man kender ikke noget Stof, hvis Molekul kan udtrykkes ved Formlen for Radikalet Hydroxyd, OH , derimod kender man et Stof, Brintoverilte, hvis Molekuler er sammensat $(OH)_2$, svarende til Iltens Formel O_2 og Brintens H_2 .

Natriumhydroxyd (Natronhydrat, Ætsnatron), $NaOH_2$, er et fast hvidt Stof, der kommer i Handelen i Form af

støbte Stænger eller støbt i tilloddede Blikdaaser. Naar det ligger i Luften, tiltrækker det Fugtighed og flyder hen til en stærkt ætsende Opløsning. Det virker opløsende paa de fleste Stoffer af organisk Oprindelse, forvandler f. Eks. Overhuden til en slimet Masse, og anvendes derfor bl. a. til at fjærne gammel Maling. Baade det faste Stof og Opløsningen tiltrækker Kulsyre af Luften og forvandles derved til Natriumkarbonat (Soda).

Sætter man opløst Natriumhydroxyd til Opløsninger, der indeholder kemiske Forbindelser af de fleste andre Metaller, navnlig de almindelige fra det daglige Liv kendte Metaller, saa udskilles der Bundfald, der bestaar af tungtopløseligt Metalhydroxyd. Der sker altsaa en kemisk Proces, hvorved Natriumatomerne bytter Plads med Atomerne af vedkommende Metal, saa at der dannes en Forbindelse af Metallet med Hydroxyd.

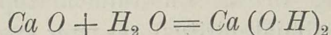
Hvis dette er tungtopløseligt i Vand, opstaar der derfor et Bundfald. Hvis vi f. Eks. til den Opløsning af Zinkklorid (Klorzink), som vi fik ved Fremstillingen af Brint af Zink og Saltsyre (Side 16), sætter Natriumhydroxydopløsning, fremkommer der et hvidt Bundfald af Zinkhydroxyd, idet:



Paa lignende Maade giver Kobberopløsninger et blaåt Bundfald af Kobberhydroxyd, Nikkelopløsninger et grønt Bundfald o. s. v.

Kaliumhydroxyd (Kalihydrat, Ætskali) *KOH* ligner i næsten alle Henseender Natriumhydroxyd og frembringer alle de Virkninger, som er beskrevet for Natriumhydroxydet. Det anvendes mindre end Natriumhydroxydet, da det er dyrere end dette.

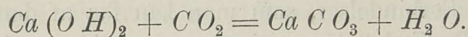
Kalciumhydroxyd (Kalkhydrat, Ætskalk), $Ca(OH)_2$, fremstilles, som vi saa ovenfor (Side 34), ved at overhælde brændt Kalk (Kalciumilte), CaO , med Vand (»læske« Kalken), hvorved Vandet under betydelig Varmeudvikling forbinder sig med Kalken:



Kalciumhydroxydet danner paa denne Maade en grødet Masse, som blandet med Sand danner almindelig *Mørtel*. Har man kun anvendt lidt mere Vand end det, der beregnes af Ligningen for Processen, vil den udviklede Varme fordampe Overskuddet af Vand, og man faar et løst hvidt Pulver, Melkalk.

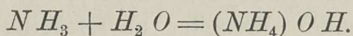
Kalciumhydroxyd er meget tungtopløseligt i Vand, men den mættede Opløsning reagerer dog stærkt basisk og viser i de fleste Henseender samme Egenskaber som en Natriumhydroxydopløsning af tilsvarende Styrke (ved »tilsvarende« Mængder af forskellige Baser forstaar vi saadanne, som kan opstaa af ligestore Vandmængder ved Ombytning af Halvdelen af Brinten med Metal).

Hvis vi leder Kulsyre i Kalciumhydroxydopløsning (Kalkvand), faar vi som bekendt et Bundfald af tungtopløseligt Kalciumkarbonat (kulsur Kalk), $CaCO_3$, idet



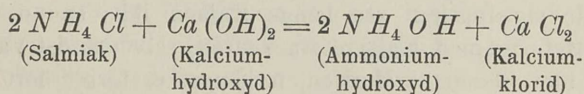
Den samme Proces finder ogsaa Sted ved Indvirkning af Luftens Kulsyre paa Kalciumhydroxydet i Kalkmørtel. Det fremgaar af Ligningen, at der herved ogsaa opstaa Vand. Murene i en Nybygning vil derfor vedblive at holde sig fugtige, saa længe Kalken ikke endnu har mættet sig med Kulsyre fra Luften, selv om det Vand, der blev blandet i Mørtlen, forlængst er tørret bort.

Ammoniumhydroxyd. Hvis man blander Salmiak med Melkalk og lidt Vand og opvarmer Blandingen, faar man udviklet en Luftart, Ammoniak, som har en stærk stikkende Lugt og er meget letopløselig i Vand. Ammoniak har Formlen NH_3 og er altsaa sammensat af Kvælstof og Brint. En Ammoniakopløsning (Ammoniakvand, Salmiakspiritus) reagerer stærkt basisk paa Lakmospapiret og har i det hele taget saadanne Egenskaber, som om den indeholdt en Base. Den indeholder imidlertid ikke noget Metal, men man finder, at Opløsningen forholder sig, som om den indeholdt en Base, $(NH_4)OH$, hvori Radikalet NH_4 (Ammonium) træder i Stedet for et Metalatom. Man antager, at i en Ammoniakopløsning vil Ammoniaken delvis have forbundet sig med Vandet (d. v. s. en Del vil have forbundet sig med Vand, en anden Del vil blot være opløst deri) efter Ligningen:

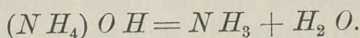


Hvis man koger Ammoniakvand, vil Ammoniaken dampe bort sammen med Vandet, og efter nogen Tids Kogning har man kun rent Vand tilbage.

Radikalet Ammonium, NH_4 , indgaar ogsaa som Bestanddel i en Række andre vigtige Forbindelser. Og alle disse Forbindelser ligner overmaade meget de tilsvarende Forbindelser, som man kan faa af dem ved at erstatte Radikalet Ammonium med et Atom af Grundstoffet Kalium. En saadan Forbindelse er f. Eks. Ammoniumklorid, NH_4Cl (Salmiak), som vi anvendte til Fremstilling af Ammoniaken. Blander vi Salmiak med Kalciumhydroxyd, foregaar Processen:



Naar der kun er lidt Vand tilstede, spaltes imidlertid Ammoniumhydroxydet fuldstændig til Vand og Ammoniak:



Ammoniak opløses ganske overordentlig let i Vand, som indsuger det med stor Begærlighed. Vandet kan optage over 500 Rumfang Ammoniak ved almindelig Temperatur.

Opgave. 17 g Ammoniak indtager ved 0° og 760 mm Tryk et Rumfang af 22,4 Liter. Beregn, hvor mange g Salmiak der skal anvendes til Fremstilling af 300 Liter luftformig Ammoniak.

Ammoniak anvendes i mange Tilfælde i Stedet for andre opløselige Baser, fordi det virker noget svagere end disse, og fordi det fuldstændig lader sig fjerne igen ved Fordampning.

Snedkerne anvender det til den saakaldte »Rygning« af Egetræ og Mahogni. Disse Træsorter indeholder et Stof, *Garvesyre*, som ved Tilstedeværelse af en Base hurtigt optager Ilt af Luften og derved gaar over til mørktfarvede Forbindelser, der meddeler Træet en mørkere og mere skattet Farvetone. Ammoniak har nu den Fordel frem for andre Baser, at den er luftformig og derfor bedre end en Opløsning kan trænge ind i Træets Porer, hvor den saa med Træets Fugtighed danner Ammoniumhydroxyd, desuden kan Luftens Ilt samtidig trænge ind i Træet, og dette bliver derfor farvet dybere ind, end det kunde blive ved Anvendelse af en Opløsning.

Syrer.

Hvis man kommer nogle Stykker Magniumbaand i rent Vand og derpaa tilsætter nogle Draaber Saltsyre, Salpetersyre, Svovlsyre eller Eddikesyre, opstaar der en livlig Brintudvikling. Der foregaar en kemisk Proces, hvorved Brint, der fandtes som Bestanddel i Syren, frigøres, idet Magnium træder ind i den kemiske Forbindelse i Stedet for Brinten. Alle de brinholdige Stoffer, med hvilke man kan foretage denne Proces, kalder man *Syrer*. Det er nu ikke blot Magnium, der kan erstatte Syrernes Brint, men i Reglen tillige med en Mængde andre Metaller. Dog er der megen Forskel baade paa de forskellige Metaller indbyrdes og paa de forskellige Syrer med Hensyn til den Lethed, hvormed Processen gaar for sig.

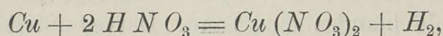
En anden fælles Egenskab hos Syrerne er, at de farver et Stykke blaåt Lakmospapir rødt, naar man dypper det i en fortyndet Opløsning af Syren (altsaa lige modsat Baserne, der farvede det røde Lakmospapir blaåt). Man siger om en Opløsning, der har denne Egenskab, at den *reagerer surt* (i Modsætning til Baseopløsningerne, der reagerer basisk). Vi vil derfor ved en *Syre* forstaa en *brinholdig Forbindelse, hvis Opløsning reagerer surt, og som let ombytter sin Brint med et Metal (f. Eks. Magnium)*.

Alle Syreopløsninger har i fortyndet Tilstand sur Smag.

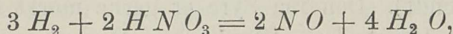
Saltsyre er en Opløsning af en farveløs Luftart, Klorbrinte, HCl , i Vand, som danner Opløsninger med indtil ca. 38 % Klorbrinte. Den stærke Opløsning ryger i Luften, idet Klorbrinten fordampes og atter forener sig med Luftens Fugtighed til fine Draaber af Saltsyre.

Den raa Saltsyre er gerne gul (af lidt opløst Jernklorid), medens den rene er farveløs. Naar Saltsyrens Brint ombyttes med Metal, faar man Forbindelser af Metallerne med Klor (Metalklorider eller Klormetaller). Fortyndet Saltsyre opløser i kold Tilstand let Zink, Aluminium og Jern, hvorimod de fleste andre af de almindeligere Metaller ikke opløses, saaledes hverken Kobber, Bly, Kvægsølv, Sølv eller Guld. Tin opløses ikke i kold, men vel i varm fortyndet Saltsyre.

Salpetersyre har Sammensætningen HNO_3 . Stærk Salpetersyre er en ca. 70 %tig Opløsning af det rene Stof i Vand. Den ryger i Luften af lignende Grund som Saltsyren. Fortyndet Salpetersyre opløser næsten alle Metaller undtagen Guld og Platin. Tin og Antimon opløses vel ikke, men omdannes til hvide uopløselige Pulvere. I meget fortyndet Tilstand udvikler Salpetersyre, som andre Syrer, Brint med Magnium. Men stærkere Salpetersyre opløser Magnium og andre Metaller under Udviklingen af rødbrune Dampe, der bestaar af Forbindelser af Kvælstof og Ilt. Salpetersyre er nemlig et Stof, der meget let sønderdeles, idet den afgiver sin Ilt til andre Stoffer. Den kan blandt andet ogsaa afgive Ilt til den Brint, der skulde dannes ved Opløsning af et Metal i Syren. Naar f. Eks. Kobber opløses i Salpetersyre under Udvikling af rødbrune Dampe, kan vi omtrent udtrykke det, der sker, ved disse Ligninger:

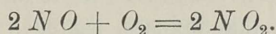


der udtrykker, at Kobber opløses, idet det træder i Stedet for Brinten, og dernæst:



der udtrykker, at den Brint, som vi skulde have faaet, ikke opstaar, men optager Ilt fra en anden Del af

Salpetersyren og dermed danner Vand, medens der samtidig opstaar en ny Forbindelse, NO . Denne er en farveløs Luftart, Kvælstofilte, som, naar den kommer i Berøring med Luftens Ilt, straks forbinder sig med denne til en ny rødbrun Luftart, Kvælstofoverilte, NO_2 , idet:



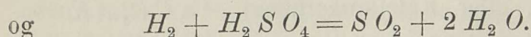
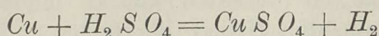
Medens hverken Saltsyre eller Salpetersyre for sig er i Stand til at opløse Guld og Platin, saa kan en Blanding af dem begge opløse dem (en saadan Blanding kaldes fra gammel Tid *Kongevand*, fordi den kan opløse »Metallernes Konge«, Guldet). Dette beror netop blandt andet paa, at Saltsyren lettere omdanner Guldet til Klormetal, naar den Brint, der skulde dannes, samtidig skaffes af Vejen, idet den nemlig iltes til Vand.

Salpetersyren farver Fingrene og mange andre organiske Stoffer gule, idet der dannes mere iltrige Forbindelser. Naar Bomuld, Glycerin og forskellige andre organiske Stoffer (d. v. s. naturlige eller kunstige Kulstofforbindelser) behandles paa passende Maade med Salpetersyre, dannes der nye iltrige Forbindelser, der er eksplosive (Skydebomuld, Nitroglycerin), idet de ved Slag eller Stød kan saa at sige bringes til at forbrænde ved selve den Ilt, de indeholde som kemisk Bestanddel.

Svovlsyre. Koncentreret Svovlsyre er en olieagtig Vædske, der er næsten dobbelt saa vægtfyldig som Vand. Den er i ren Tilstand vandklar, og den kan i alle Forhold blandes med Vand. Derved udvikles stærk Varme, og Blandingen maa derfor foretages med Forsigtighed (man hælder under Omrøring Syren i Vandet, ikke omvendt). Den raa Syre er gerne mørkt farvet af forskellige Urenheder. Svovlsyrens Formel er H_2SO_4 , den indeholder altsaa 2 Brintatomer. Disse kan begge ombyttes med Metal, men der kan ogsaa dannes For-

bindelser, hvori kun det ene Brintatom er ombyttet med Metal. Medens de Forbindelser, der opstaar af en Syre ved, at dens Brint ombyttes med Metal, kaldes *Salte*, har vi ved Svovlsyren, i Modsætning til Saltsyren og Salpetersyren, altsaa Forbindelser, der er halvt Syrer, halvt Salte, saadanne Forbindelser kaldes *sure Salte*.

Fortyndet Svovlsyre opløser let Zink og Jern, derimod opløses de andre af de almindeligere Metaller ikke. Medens fortyndet Saltsyre og Salpetersyre kan dampe fuldstændig bort ved lidt over 100° , saa koger den stærke Svovlsyre først ved over 300° . Den varme og stærke Syre opløser de fleste Metaller med Undtagelse af Guld og Platin, idet den paa lignende Maade som Salpetersyre afgiver en Del af sin Ilt til den Brint, der skulde dannes. Saaledes opløses Kobber i varm, stærk Svovlsyre under Udvikling af en Luftart, Svovldioxyd (Svovlsyring), $S O_2$, den samme, som vi fik ved Forbrænding af Svovl i Luften. Vi kan tænke os det, der foregaar, udtrykt ved:



Svovldioxyd er en stærkt lugtende Luftart, som opløses ret let i Vand. Opløsningen forholder sig, som om den indeholdt en Syre, $H_2 S O_3$, dannet ved Forening af Luftarten med Vandet ($H_2 O + S O_2 = H_2 S O_3$), men lugter meget stærkt og afgiver ved Kogning al Svovldioxyd. Saaavel Opløsningen som Luftarten er stærke Blege- og Desinfektionsmidler. Svovlsyringen og de Salte, der kan dannes af den, optager let Ilt af Luften eller fra andre Forbindelser, og gaar derved over til Svovlsyren og dens tilsvarende Forbindelser.

Salte.

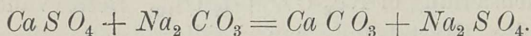
Ved *Salte* forstaar vi, som ovenfor nævnt, de kemiske Forbindelser, der opstaar, naar Syrernes Brint ombyttes med Metal.

Alle Salte, der kan opstaa af en og samme Syre ved Ombytning af dens Brintatomer med forskellige Metaller, betegner man med et fælles Navn. Saaledes betegner man alle Svovlsyrens Salte ved *Sulfater*, alle Salpetersyrens ved *Nitrater*, alle Eddikesyrens ved *Acetater* og alle Saltsyrens ved *Klorider*. De enkelte Salte betegnes yderligere ved Navnet paa det Metal, der er traadt ind i Stedet for Syrens Brint. Man taler altsaa om Natriumsulfat, Kaliumsulfat, Kalciumsulfat o. s. v.

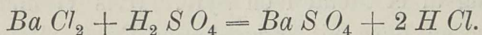
Nogle Salte er letopløselige i Vand som f. Eks. Natriumklorid (almindeligt Køkkensalt), $Na Cl$, Kaliumnitrat (Salpeter), $KN O_3$, Zinkklorid, $Zn Cl_2$, Kobbersulfat, $Cu S O_4$ (vandfrit) o. s. v., medens andre er tungtopløselige eller næsten ganske uopløselige, som f. Eks. Kalciumsulfat (Gibs), der findes opløst i almindeligt Vand, eller Kalciumkarbonat, $Ca C O_3$ (*Karbonater* kaldes Saltene af en Syre, $H_2 C O_3$, der findes i en Opløsning af Kulsyre, $C O_2$, i Vand. En Del af Kulsyren i en saadan Opløsning er nemlig i kemisk Forbindelse med Vandet efter Ligningen: $C O_2 + H_2 O = H_2 C O_3$. Forbindelsen $C O_2$ kaldes derfor rigtigere for »Kuldioxyd« end Kulsyre, da den jo slet ikke er nogen Syre, men først bliver det, naar den forbinder sig med Vand).

Den Del af en Syres Molekul, som bliver tilovers, naar vi bortfjerner de Brintatomer, der kan ombyttes med Metalatomer, kaldes ofte *Syreresten*. Saltene er altsaa Forbindelser af Metalatomer med Syrerester. Naar

man blander Opløsninger af to forskellige Salte, vil der i Almindelighed ikke ske noget, men hvis de to Salte er af en saadan Beskaffenhed, at det ene Salts Metal danner en uopløselig Forbindelse med Syreresten i det andet Salt, saa vil der i Almindelighed meget hurtigt ske en Dobbeltsonderdeling, idet Metallerne i de to Salte bytter Plads og det tungtopløselige Salt udskilles. Sætter vi saaledes til en Opløsning af Gips (Kalcium-sulfat), f. Eks. til kogt Drikkevand (se Side 4) en Opløsning af Natriumkarbonat, saa vil der hurtigt udskilles et Bundfald af Kalciumkarbonat, der er endnu meget tungere opløseligt end Kalciumsulfatet. Der foregaar altsaa Processen:



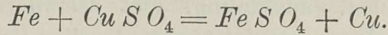
Ganske lignende Processer kan ofte finde Sted, selv om vi i Stedet for det ene Salt anvender en Syre; vi kan da undertiden faa et Bundfald af en tungtopløselig Syre eller et tungtopløseligt Salt. Sætter vi saaledes til en Opløsning af Baryumklorid, $BaCl_2$, fortyndet Svovlsyre, H_2SO_4 , faar vi straks et hvidt Bundfald af Baryumsulfat, medens Opløsningen kommer til at indeholde Saltsyre, idet:



Denne Proces kan bruges til at paavise Tilstedeværelsen af meget smaa Mængder Svovlsyre eller Sulfater, og lignende Processer anvendes overhovedet ofte til Paavisning af forskellige Metaller eller Syrerester i en Opløsning, eller til Fremstilling af forskellige Salte eller Syrer.

Ligesom Brinten i Syrerne uden videre kan ombyttes med mange Metaller, naar man bringer Syren i Berøring med Metallet, saaledes kan ofte et Metal i Berøring

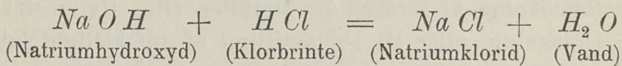
med en Opløsning af et Salt af et andet Metal fortrænge dette Metal af dets Forbindelse. Hvis vi lægger et blankt Jernsøm ned i en Opløsning af Kobbersulfat, vil det i et Øjeblik bedækkes med et rødbrunt Slam af Kobberpulver, idet der opløses noget af Jernet:



Zink udskiller baade Kobber og Tin af deres Salte o. s. fr.

Naar Saltene udskilles af deres Opløsninger i Vand, indgaar de ofte kemiske Forbindelser med en Del af Vandet. Vi har saaledes set, at Natriumkarbonat, Na_2CO_3 , udskilles af sin Opløsning i Krystaller, hvis Sammensætning er $Na_2CO_3(H_2O)_{10}$. Dette Vand, det saakaldte Krystalvand, kan imidlertid ofte ligesom i dette Tilfælde fjernes ved Opvarmning. Naturlig Gibs er sammensat $CaSO_4(H_2O)_2$, en Del af dets Krystalvand fjernes ved Brændingen. Naar det atter udrøres med Vand, optager det igen sit Krystalvand og krystalliserer paany i fine Naale, der filtre sig ind i hinanden til en sammenhængende Masse. Herpaa beror Gibsens Hærdning.

Salte kan ogsaa opstaa paa anden Maade end ved Opløsning af et Metal i en Syre. Hvis vi blander en Syre med en Base, vil Syreresten og Basens Metal danne et Salt, mens Basens Hydroxyd vil forene sig med Syrens Brint til Vand. Hvis vi f. Eks. blander Natriumhydroxyd med Saltsyre, vil der foregaa Processen:



Det dannede Natriumklorid vil ikke farve hverken det røde eller det blaa Lakmospapir, da det hverken er en Syre eller en Base. Vi ser altsaa, at en Syre og en

Base, der blandes sammen, ophæver hinandens karakteristiske Syre- og Basevirkninger; man siger, at de *neutraliserer* hinanden.

Da man med Lakmospapiret kan paavise meget smaa Mængder Syre eller Base, kan man let bestemme nøjagtigt den Mængde af en given Syreopløsning, der neutraliserer en given Baseopløsning (og omvendt). Man behøver blot at tilsætte Syren (eller Basen) draabevis og under Omrøring, indtil en Draabe af Blandingen ikke mere farver det røde Lakmospapir blaat (eller omvendt). Man kan ogsaa farve Opløsningen med nogle Draaber opløst Lakmos, hvorved man umiddelbart kan se Farveforandringen. Til Afmaaling af Syren bruger man nøjagtigt inddelte Glasrør med Haner forneden, hvori Syremængden før og efter Forsøget kan aflæses nøjagtigt (Buretteer). Hvis man kender Syrens Styrke nøjagtigt, kan man altsaa beregne Mængden af Base i Baseopløsningen, og omvendt, hvis man har en Baseopløsning af bekendt Styrke, kan man beregne Mængden af Syren. Denne Maade at bestemme et Stofs Mængde paa kaldes *Titring* og bruges meget i den *kvantitative kemiske Analyse* (Undersøgelse af, i hvilke Mængdeforhold et Stof indeholder sine Bestanddele).

Som bekendt Syre- eller Baseopløsning anvender man gerne for at lette Beregningerne *normale* Syre- og Baseopløsninger. Ved en normal Syreopløsning forstaar man en, der har en saadan Styrke, at den i 1 Liter (= 1000 cc) indeholder et *Ækvivalent Syre*, d. v. s. en saadan Mængde Syre, at der i den findes 1 g Brint, der kan ombyttes med Metal. Ganske paa samme Maade indeholder en normal Baseopløsning et *Ækvivalent Base* i Literen, d. v. s. en saadan Mængde Base, at den deri indeholdte Metalmængde netop kan træde i Stedet for 1 g Brint i en Syre. Det er let at se, at 1 Liter

normal Syre og 1 Liter normal Baseopløsning netop maa neutralisere hinanden, ligegyldig hvilken Base og hvilken Syre vi har med at gøre, idet Baseopløsningen netop indeholder 17 g OH og Syren 1 g H , der kan forbinde sig med hinanden til 18 g Vand, medens Syresten og Metallet forbinder sig til Salt.

Hvis vi f. Eks. skal undersøge, hvor meget Kalkhydrat der findes i en Kalkmørtel, kan vi afveje en Portion deraf, udrøre den med Vand og tildryppe normal Saltsyre. Herved vil Kalkhydratet lidt efter lidt opløses og neutraliseres; vi fortsætter Tildrypningen, indtil en Prøve af Blandingen ikke mere farver det røde Lakmospapir. Har vi afvejet f. Eks. 2,96 g Mørtel, og bruger vi 24 cc normal Saltsyre, saa vil Mørtelen altsaa have indeholdt en Mængde Kalciumhydroxyd, som vi let kan beregne:

Hvis vi havde brugt 1000 cc, vilde Basemængden have været 1 Ækvivalent $= \frac{1}{2} Ca(OH)_2$ g $= 37$ g Kalciumhydroxyd, idet 1 Atom Kalcium jo erstatter 2 Atomer $= 2$ g Brint. Nu har vi ikke brugt 1000 cc men 24 cc normal Saltsyre, og Basemængden er derfor $37 \cdot \frac{24}{1000}$ g $= 0,888$ g eller: $\frac{0,888}{2,96} \cdot 100 = 30 \%$ af Mørtlen.

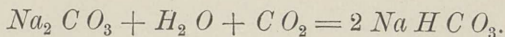
Opgave. Vi skal bestemme Styrken af en Opløsning af Natriumhydroxyd ved Titring med normal Svovlsyre. Lad os antage, at 5 cc af Opløsningen bruger 40 cc normal Svovlsyre til Neutralisation. Hvor meget Natriumhydroxyd findes der da i 1 Liter af Opløsningen?

Hvis man leder Kulsyre til en Natriumhydroxydopløsning, vil der dannes Natriumkarbonat, idet:



Har man farvet Opløsningen med Lakmos, vil den imidlertid ikke blive rød, selv om man tilsætter lidt mere Kulsyre end nødvendigt til Omdannelse af al $NaOH$ til Na_2CO_3 . Dette ligger i, at Kulsyre er en *svag Syre*; i Opløsninger af saadanne Syrers Salte vil Basen og Syren kun delvis være i Forbindelse med hinanden, og den svage Syre vil ikke kunne neutralisere Basens basiske Reaktion paa Lakmos.

Leder man endnu mere Kulsyre i Opløsningen, dannes der (sml. Kaliumkarbonat, kulsurt Kali, Side 31), *surt Natriumkarbonat*, $NaHCO_3$ (tvekulsurt Natron), idet:



Hvis Opløsningen i Forvejen var farvet med Lakmos, ser man, at den nu bliver lidt rødere, end den var før.

Der gives en hel Mængde andre Syrer, der ligesom Kulsyre er for svage til at kunne neutralisere en Base, og omvendt er der mange *svage Baser*, i hvis Saltopløsninger Basen ikke formaar at neutralisere Syrens sure Reaktion. Hertil hører Saltene af de fleste almindelige Metaller. Saadanne Syrer og Baser kan derfor ikke titreres ved Neutralisation.

The first thing I noticed when I stepped out
 of the car was the smell of the sea. It was
 a fresh, clean smell that I had never
 experienced before. The air was cool and
 the sun was shining brightly. I felt
 a sense of freedom and adventure. I
 was about to embark on a journey that
 would change my life forever.

CHAPTER 1 - THE BEGINNING

It was a beautiful day. The sun was
 shining brightly and the sea was
 calm. I was standing on the beach,
 looking out at the water. I felt a
 sense of peace and tranquility. I
 was about to embark on a journey
 that would change my life forever.

