



NATUREN

ILLUSTRERT MAANEDSSKRIFT FOR POPULÆR NATURVIDENSKAP

utgit av Bergens Museum,

redigert av dr. phil. Torbjørn Gaarder

med bistand av prof. dr. phil. Aug. Brinkmann, prof. dr. phil. Oscar Hagem,
prof. dr. phil. Bjørn Helland-Hansen og prof. dr. phil. Carl Fred. Kolderup

JOHN GRIEGS FORLAG - BERGEN

Nr. 7—8

50de aargang - 1926

Juli—august

INDHOLD

L. VEGARD: Nordlyset og spektralanalysens anvendelse ved studiet av nordlyset og de høiere luftlag	193
S. ALSAKER-NØSTDAHL: Meterens historie	217
EILIF W. PAULSON: Litt om „kvælstofproblemet“ og dets løsning ...	227
P. A. ØYEN: Tapes-niveaueet og geologisk tidsregning	247

Pris 10 kr. pr. aar frit tilsendt

Kommissionær
John Grieg
Bergen

Pris 10 kr. pr. aar frit tilsendt

Kommissionær
Lehmann & Stage
Kjøbenhavn



NATUREN

begyndte med januar 1926 sin 50de aargang (5te rækkes 10de aargang) og har saaledes naadd en alder som intet andet populært naturvidenskabelig tidsskrift i de nordiske lande.

NATUREN

bringer hver maaned et *rikt og alsidig læsestof*, hentet fra alle naturvidenskabenes fagomraader. De fleste artikler er rikt illustrert. Tidsskriftet vil til enhver tid søke at holde sin læsekreds underrettet om *naturvidenskabenes vigtigere fremskridt* og vil desuten efter evne bidra til at utbrede en større kundskap om og en bedre forstaaelse av *vort fædrelands rike og avvekslende natur*.

NATUREN

har til fremme av sin opgave sikret sig bistand av *talrike ansette medarbeidere* i de forskjellige deler av landet og bringer desuten jevnlig oversættelser og bearbejdelser efter de bedste utenlandske kilder.

NATUREN

har i en række av aar, som en anerkjendelse av sit almennyttige formaal, mottat et aarlig statsbidrag som for dette budgetaar er bevilget med kr. 1600.

NATUREN

burde kunne faa en endnu langt større utbredelse, end det hittil har hat. Der kræves *ingen særlige naturvidenskabelige forkundskaper* for at kunne læse dets artikler med fuldt utbytte. *Statsunderstøttede folkebiblioteker og skoleboksamlinger faar tidsskriftet for under halv pris (kr. 4.00 aarlig, frit tilsendt)*. Ethvert bibliotek, selv det mindste, burde kunne avse dette beløp til naturvidenskabelig læsestof.

NATUREN

utgis av *Bergens Museum* og utkommer i kommission paa *John Griegs forlag*; det redigeres av dr. *Torbjørn Gaarder*, under medvirkning av en redaktionskomité, bestaaende av: prof dr. *A. Brinkmann*, prof. dr. *Oscar Hagem*, prof. dr. *B. Helland-Hansen* og prof. dr. *Carl Fred. Kolderup*.

Nordlyset og spektralanalysens anvendelse ved studiet av nordlyset og de høieste luftlag.

Av L. Vegard.

I rummet mellom himmellegemene er der to slags stråling. Den ene er den klasse hvortil lyset hører, den anden gruppe er de elektriske stråler som bestaar av positive eller negative partikler. De negative stråler dannes i almindelighet av elektroner, og disse kan ha hastigheter der nærmer sig lyshastigheten.

Slike stråler kan man faa frem ved utladning i et rum hvori lufttrykket er sterkt redusert til $1/100\ 000$ atmosfære. Da drives elektroner med stor fart ut fra katoden og gives en vældig fart av det elektriske felt. Disse stråler kaldes derfor katodestraaler.

Endnu større hastigheter har de elektronstråler som utgaar fra de radioaktive stoffe og som kaldes β -stråler.

Vi vet nu fra studiet av materiens bygning at den positive elektricitet er uløselig knyttet til atomenes kjerner. De positive stråler maa derfor komme til at bestaa av atomer og molekyler der har mistet et eller flere elektroner. Paa grund av disse strålepartiklers større masse vil de ikke opnaa saa store hastigheter som elektronstrålene. For de aller hurtigste overskrider ikke hastigheten $1/10$ av lysets hastighet.

De elektriske stråler som utgaar fra himmellegemene kan enten skrive sig fra de radioaktive omvandlinger, eller de kan skyldes at materien er jonisert, med andre ord at atomene har mistet eller optat elektroner.

Hvis nu jonisert materie av en eller anden grund bibringes en stor hastighet, farer de elektriske partikler avsted som elektriske stråler.

De kræfter som driver den joniserte materie avsted kan enten være elektriske kræfter, eller i visse tilfælder trykket fra lysstraalingen.

Det viser sig nemlig at lyset utøver et tryk naar det falder paa et legeme, og for partikler av passende størrelse som befinder sig i solens intense straalefelt, kan trykket bli større end tyngden, og partiklene drives ut fra solen.

Opdagelsen av de elektriske straaler er et resultat av de sidste decenniens fysiske forskning, og det er derfor ogsaa først i den aller seneste tid man er begyndt at indse den vigtige rolle disse straaler spiller i den kosmiske husholdning i det store univers.

Vi kunde nu spørge, hvorledes kan man vite at himmellegemene og da i første række solen og fiksstjernene virkelig utsender slike elektriske straaler. I almindelighet merker vi jo kun at solen utsender almindelig lysstraaling.

Det viser sig imidlertid at vi her paa jorden har en række eiendommelige fænomener som beror paa disse elektriske solstraalers virkninger, men paa grund av de særegne egenskaper ved denne straaling vil virkningene være ret indirekte og derfor ofte undra sig vor opmerksomhet.

De vigtigste av de fænomener her paa jorden som paa den mest direkte maate er knyttet til de elektriske straalinger fra solen er *nordlyset*, ændringer i jordens magnetiske felt og særlig da de sterke og pludselige forstyrrelser i jordmagnetismen som kaldes magnetiske storme, og endelig elektriske strømme i jorden, der ledsager nordlyset og de magnetiske storme.

Denne gruppe av fænomener hadde længe staat som meget gaatefulde. Et utal av forsøk var gjort op gjennem tidene paa at forklare deres oprindelse og aarsak. Men det var først min forgjænger Birkeland som klart indsaa at disse fænomener var virkninger av elektriske straalinger fra solen.

Før vi gaar ind paa Birkelands teori skal vi først nævne en del karakteristiske træk ved de nævnte fænomener, og vi skal for at klargjøre saken først og fremst holde os til nordlyset.

Dette merkelige lysfænomen er som navnet antyder hovedsagelig knyttet til de polare egne.

Av og til sees nordlys paa midlere bredder, men aldrig i de ekvatoriale egne.

Gaar vi f. eks. fra Oslos breddegrad og nordover, vil nordlyshyppigheten tilta sterkt, men dette forhold fortsætter ikke helt til polen; kommer vi over en viss bredde, avtar atter hyppigheten. Den største hyppighet findes omkring et belte — det saakaldte nordlysbelte. Dette har imidlertid ikke sit centrum i den geografiske pol, men i et punkt som ligger omtrent 11° fra polen. Dette punkt, som kunde kaldes nordlyspolen, viser sig at være det punkt hvor jordens magnetiske akse skjærer jordoverflaten.

Dette viser tydelig at det maa være jordens magnetisme der er bestemmende for den maate hvorpaa nordlyshyppigheten fordeler sig paa jorden.

Dette belte skjærer nu saa at si tvers gjennom vort land, idet det passerer mellem Finmarken og Spitsbergen. Dette i forbindelse med de gunstige klimatiske forhold gjør at Norge utvilsomt er det land paa jorden som har de bedste betingelser for studiet av nordlyset.

Nordlyset optrær pludselig uten tilsynelatende lovmæssighet og viser en utallighet av former. De viktigste typer av slike former er buer, draperier og straalere.

En nærmere iagttagelse viser nu at buene gjerne har en bestemt retning paa himmelen, og denne retning er omtrent lodret paa retningen til nordlyspolen.

Straalene i nordlyset har ogsaa en nogenlunde fast retning, der viser sig at falde nær sammen med retningen for jordens magnetiske kraft paa stedet.

Nordlyset kan optræ paa de forskjelligste tider av natten, dog er hyppigheten større paa aftensiden end paa morgensiden.

Et viktig spørsmål er nu, hvor langt borte er nordlyset? Hvor høit over jordens overflate maa vi søke dette lysfænomen?

Jeg antar de fleste som har set et sterkt nordlys vil ha faat det indtryk at det ofte synes at komme næsten ned til jordoverflaten. Dette er dog ikke tilfælde, men beror paa et optisk bedrag.

Der har like fra 1700-tallet været gjort et stort antal observationer for at fastslaa nordlysets plads i rummet.

Metoden for en slik bestemmelse beror paa at man maaler retningen til et bestemt punkt i nordlyset samtidig fra to steder, med kjendt indbyrdes beliggenhet.

De fleste ældre maalinger samstemmer vistnok i at nordlyset i almindelighet er at søke i høider fra 100 til nogen hundrede kilometer, men andre fandt høider som gik ned til nogen faa hundrede meter. Disse uoverensstemmelser beror paa mangler ved metoden, idet det var vanskelig at forvise sig om at man paa begge stationer sigtet mot det samme punkt av nordlyset.

Det var derfor et stort fremskridt da det lykkedes professor Størmer at utarbeide en helt objektiv fotografisk metode for bestemmelse av nordlysets høide.

I den senere tid har et stort antal maalinger været utført efter denne metode og resultatet viser at nordlysets nederste rand er at søke i høider mellem ca. 90 km. op til ca. 180 km., mens den øvre grense — særlig for de lange straalere — kan naa høider paa op til 700 km. Nordlyset optrær altsaa kun i de aller ytterste lag av atmosfæren, der grænser ut mot det tomme rum.

Allerede i midten av forrige aarhundrede opdaget man at nordlys og magnetiske storme paa en eller anden maate var intimt knyttet til solen.

Galilei hadde opdaget at der undertiden optraadte mørke flekker paa solen. Disse flekker er et synlig utslag av prosesser som stadig er i virksomhet paa solen.

Paa grund av den høie temperatur er solen en gasbøld. I denne gasmasse opstaar hvirvler, og der hvor disse ender paa soloverflaten kan de gi sig tilkjende ved at hvirvlens centrale partier synes mørkere. Til forklaring av dette forhold har jeg for en del aar siden opstillet følgende hypotese: Paa grund av den høie temperatur vil solens indre være i en sterkt jonisert tilstand, saa atomenes ytterste elektronsystemer som væsentlig gir anledning til det synlige lys er fjernet. Atomene vil vistnok ogsaa i denne tilstand straa, men bølgelængdene er for korte til at opfattes av øiet og vil desuten bli absorberet i solens og jordens atmosfærer. Derfor kan de centrale dele av hvirvelen, hvor man ser ind i solens indre partier vise sig mørkere end omgivelsene.

Disse solflekker optrær nu med forskjellig hyppighet fra aar til aar. Hyppigheten varierer periodisk paa en forholdsvis regelmæssig maate med en periode paa 11 aar.

Det viste sig nu at ogsaa hyppigheten for nordlys og magnetiske stormer fulgte variationene i solflekhyppigheten. Og det viser sig at et sterkt nordlys gjerne optrær samtidig med at store solflekker optrær nogenlunde centralt paa solskiven.

Skjønt man hadde kunnet konstatere en faktisk forbindelse mellem nordlys og jordmagnetisme paa den ene side og solflekkenene paa den anden, saa skulde der hengaa omtrent $\frac{1}{2}$ aarhundrede før man fik nærmere rede paa hvorledes denne merkelige forbindelse kom istand.

Den som i første række har fortjeneste av at ha forklaret denne forbindelse er vor landsmand professor Kristian Birkeland.

I 1896 holdt han paa med fysikalske forsøk over de tidligere omtalte katodestraaler, hvor han særlig undersøkte hvilken indflydelse en sterk magnetpol har paa dette straalefænomen. Han la da merke til at katodestraalene likesom blev innsuget til magnetpolen.

Den tanke slog nu ned i ham at dette fænomen hadde visse paafaldende likhetspunkter med nordlysfænomenet, og denne idé viste sig at indebære store muligheter, saa Birkeland straks kunde gi hovedlinjene i sin teori for nordlys og magnetiske storme.

Vi staar her ved indledningen til et av de interessanteste og betydningsfuldste avsnit i den kosmiske fysiks historie.

Disse først utkastede ideer til en nordlysteori var et frø, der senere har git rike frugter.

Birkelands nordlyshypotese er i al sin vidunderlige enkelthet følgende:

Fra solflekkenene eller deres nærmeste omgivelser utgaar elektriske straaler, men disse utgaar ikke i alle retninger fra straalekilden slik som lys, men i form av forholdsvis vel begrensede straaleknipper som gaar ut nogenlunde lodret paa solens overflate.

Hvis nu et slikt knippe kommer i nærheten av jorden, vil det paa grund av straalenes ladning bli paavirket av jord-

magnetismen. Dette sker efter love som allerede var nøiagtig kjendt i fysikken.

Denne kraftvirkning er ingen egentlig tiltrækning ind mot magnetens poler, men straaalen blir paavirket av en kraft som altid staar lodret paa den magnetiske kraft og paa straaalebanen.

Følgen er at en stor del av straalene paa grund av jordens magnetfelt vil bli drevet bort fra jorden. Dette vil ske i de ekvatoriale egne. Skal straalene komme til jorden, maa de følge de magnetiske kraftlinjer, og derfor skulde kun straalene kunne trænge ind til jorden i de polare egne, paa samme maate som katodestraalene i Birkelands laboratorieeksperiment blev indsuget mot magnetpolen.

Da straalene er elektrisk ladede, vil de utøve magnetiske virkninger, og paa den maate forklares de magnetiske storme. Kommer straalene tilstrækkelig langt ned, vil de trænge ind i jordens atmosfære og her tænde stoffet i atmosfæren til lysning, vi faar nordlys.

Ved elektromagnetisk induktion vil saa straalene fremkalde elektriske strømme i jorden, og vi faar de sterke forstyrrelser i telegraf- og telefonnettet som ofte ledsager sterke nordlys.

For nu at prøve sin hypotese slog Birkeland ind paa to veie: dels søkte han at samle mere observationsmateriale der var tilrettelagt paa den heldigste maate. Og for dette formaal foretok Birkeland sine bekjendte nordlysekspeditioner til egnene omkring nordlysbeltet.

Ved den største og betydningsfuldeste, som fandt sted vinteren 1902—03, hadde han ikke mindre end 4 stationer i de arktiske egne, en i Finmarken, en paa Spitsbergen, en paa Novaja Semlja og en paa Island.

Desuten sørget han for at skaffe sig samtidige observationer fra 25 observatorier spredt omkring over jordens forskjellige egne.

Paa grundlag av dette materiale kunde han studere paa en maate som aldrig før de magnetfelter som frembragtes ved de magnetiske storme, og det lykkedes at vise at disse storme, som optrær særlig kraftig i nordlysbeltet, skyldes elektriske strømme som kommer fra verdensrummet og gaar

ind mot jorden i egnene omkring nordlysbeltet. Her bøier de av i horisontal retning langs nordlysbeltet for atter ialfald delvis at vende tilbake til verdensrummet.

I almindelighet bøier strømmene av i høider paa 500—1000 km. over jordoverflaten. Kun en del av straalene kan derfor antages at komme saa dypt ned at de frembringer nordlys.

Disse strømme har en vældig styrke, der undertiden overstiger 1 million ampère, og energien skulde beløpe sig til noget slikt som 100 millioner hestekræfter.

Men det er desværre ikke stort haap om at man kan komme til at nyttiggjøre sig denne kraftmængde, for disse strømme kommer kun nu og da og varer ofte kun nogen timer ad gangen, og dertil kommer at de væsentlig er at søke over jordens luftlag.

Birkeland kunde ogsaa vise at disse strømme fulgte solens bevægelse, og de maatte altsaa skrive sig fra solen.

For nærmere at underbygge sin hypotese anvendte Birkeland ogsaa en anden metode, idet han fortsatte de undersøkelser som oprindelig hadde ledet ham paa ideen til sin nordlyshypotese.

Han søkte med andre ord at eftergjøre i laboratoriet saavidt mulig de samme processer som foregaar ute i verdensrummet.

Han bygget sig nu store kar med glasvægger. I et slikt kar ophænger han en kule som har en kjerne av jern, der kan magnetiseres ved en elektrisk strøm. I den ene væggen anbringer han saa en plate der skal gjøre tjeneste som katode. Naar luften utpumpes til kun en passende liten rest er igjen, og han sætter den elektriske spænding paa, vil katodestraaler utgaa fra platen, lodret paa platens overflate.

Fra platen utgaar altsaa et straaleknippe omtrent som det han mente utgik fra solflekkene. Dette knippe paavirkes nu av kulens magnetisme paa samme maate som jordmagnetismen paavirker straaleknippene fra solen.

Det viste sig nu at katodestraalene slog ned i to belter omkring de magnetiske poler, og paa denne maate var nordlysbeltene forklaret. De var en nødvendig følge av hans hypotese.

En styrke ved Birkelands teori fremfor nogen tidligere var dens enkelhet og klarhet. Dette vises ogsaa særlig tydelig ved den omstændighet at hypotesen i stor utstrækning kan gjøres til gjenstand for eksakt matematisk behandling.

Det er imidlertid ikke Birkeland men professor Størmer som optok den matematiske side ved problemene til nærmere undersøkelse og som det lykkedes at skape det matematiske grundlag for moderne nordlysforskning.

Det viste sig ogsaa at teori og eksperiment paa den smukkeste maate supplerte hinanden, og det lykkedes blandt andet Størmer ogsaa matematisk at vise at de elektriske straalene fra solen maatte slaa ned i et belte omkring nordlyspolen.

Han kunde videre forklare dannelsen av buer og draperier med deres bestemte retninger. Videre at nordlysstraalene tilnærmet gaar i retning av de magnetiske kraftlinjer.

I det hele kunde Birkelands hypotese forklare de typiske træk med hensyn til nordlysets optræden og fordeling paa jordens overflate.

Teorien forklarte uten videre forbindelsen med solflekene, den forklarte nordlysets største hyppighet omkring nordlysbeltet. Den forklarte at en straaing der kom direkte fra solen allikevel kunde gi anledning til et lysfænomen som var sterkest om natten. Dette beror enkelt derpaa at straalenes baner krummer sig rundt jorden paa grund av magnetfeltets virkning.

Ut fra denne teori kunde man ogsaa forklare hvorfor nordlyset optraadte saa uregelmæssig — kom pludselig og forsvandt pludselig. Vi kunde ogsaa forstaa hvorledes de eiendommelige former og den sterke bevægelighet kunde opstaa.

Teorien følger straalene ned til atmosfæren, men hvad saa videre sker sier den intet om. *Den gir os med andre ord ingen besked om selve det lys som utsendes, og de fysikalske forhold der betinger den eiendommelige lysning.*

Det er dette mere fysikalske problem som jeg har beskæftiget mig en del med i de senere aar og som jeg skal fortælle litt om i det følgende.

Studiet av det lys som utsendes fra et lysende legeme har lært os at dette avhænger av de elementer som utsender lyset

og den tilstand hvori disse befinner sig og endelig av den maate hvorpaa materien blir bragt til at lyse.

Anvendt paa nordlysproblemet vil det si at nordlyset avhænger av den kemiske sammensætning av atmosfærens høieste lag og av den fysikalske tilstand hvori stoffet befinner sig deroppe, samt av arten av de elektriske straalener som frembringer nordlyset.

Med hensyn til de elektriske straalener saa vil spørsmålet om deres natur ikke uten videre være besvaret ved den Birkelandske teori, for denne kan anvendes paa alle arter av elektriske straalener. Spørsmålet har imidlertid sin store interesse ikke alene i forbindelse med nordlyset men ogsaa for studiet av solprocessene.

Jeg har derfor beskæftiget mig noksaa meget med problemet og studert slike forhold der avhænger av straalenes art. Av slike forhold kan jeg nævne retningen av nordlysbuene, nordlysets struktur, fordelingen av lysintensiteten langs nordlysstraalene i forbindelse med nordlysstraalenes tversnit.

Disse undersøkelser har ført til som det mest sandsynlige at nordlyset er frembragt av forholdsvis langsomme katodestraler — det vil si straalener av negative elektroner. Men de slutninger man skal trække avhænger i virkeligheten av de forutsætninger man gjør med hensyn til stoffordelingen og stofmængden som findes i de høieste luftlag. Men efter at ha studert disse ting kom jeg mere og mere til den overbevisning at vort kjendskap til de øverste luftlag var yderst mangelfulde og at den opfatning som var almindelig hvilte paa meget svakt fundament.

Det kunde nu kanskje synes underlig at vi ikke skulde kjende atmosfærens sammensætning. Vi skulde da kjende den luft vi daglig indaander. Det gjør vi nu ogsaa; vi kjender atmosfærens sammensætning og tilstand i de lag som ligger nærmest jordens overflate, men nordlyset optrær i høider over 90—100 km. og spørsmålet er hvorledes atmosfærens tilstand er i disse store høider.

Den almindelige opfatning grundet sig paa beregninger — og de hadde ført til det resultat, at atmosfæren øverst oppe væsentlig skulde bestaa av de letteste gaser, vandstof og

helium. Paa grund av disse gasers ringe specifikke vegt skulde de likesom flyte ovenpaa det store lufthav.

Disse beregninger hvilte dog paa en række forutsætninger, der maatte ansees for noksaa tvilsomme.

Hvorledes skal vi nu kunne faa nærmere rede paa tilstanden deroppe?

Det vigtigste middel gir i virkeligheten nordlyset selv. Naturen anstiller her et eksperiment i stor stil som utspilles i disse høieste luftlag, det gjælder kun for os at tyde dette eksperiment.

Det vigtigste middel vi har hertil er spektralanalysen. Vi maa ved hjælp av spektralapparater spalte lyset i sine enkelte farver og derav søke at dra slutninger med hensyn til det system som utsender lyset.

Vi staar nu overfor den opgave ved hjælp av spektret at slutte os til de *stoffer* som findes i de høieste luftlag, den *tilstand* hvori de befinder sig og den *maate hvorpaa de tændes til lysning* under et nordlys.

Som regel hører en spektralanalyse ikke til de særlig vanskelige undersøkelser naar man kun har tilstrækkelig gode spektralapparater. Jeg vil nu forutsætte at spektret bestaar av linjer. Fremgangsmaaten bestaar nu deri at man maaler beliggenheten av linjene og bestemmer hver enkelt linjes bølgelængde for den lyskilde som skal undersøkes. Nu har man paa forhaand undersøkt de enkelte elementers spektrer, og man har for hvert enkelt element tabeller over bølgelængdene for dets spektrallinjer.

Naar man har bestemt bølgelængdene for de linjer som forekommer i lyskilden, maa man slaa efter i tabellene for at finde de elementer som gir de fundne linjer. Dette kalder vi at identifisere eller tyde lyskildens spektrum.

Dette kan nu se yderst enkelt ut, men da man har et saa uhyre stort antal linjer at vælge imellem, og da man altid maa regne med en viss unøiagtighet i maaleresultatet, kan det ofte være vanskelig nok at finde frem til de rigtige linjer i tabellene og dermed til de rigtige elementer.

For nordlyset er der imidlertid forhold som gjør at en slik spektralanalyse har været forbundet med særlig store vanskeligheter.

Hvis man ser paa nordlyset gjennem et spektroskop, vil man som regel kunne se en eneste gulgrøn linje. Det kunde se ut som om nordlyset var homogen straaaling, saa alt lys var samlet i en eneste bølgelængde.

Er nordlyset sterkt, vil man imidlertid ogsaa undertiden kunne se en del andre linjer, men disse er saa svake og optrær i saa kort tid at en nøiagtig maaling av linjenes bølgelængde er i høi grad vanskeliggjort.

Allerede fra spektralanalysens første dager har der været foretat et betydelig antal iagttagelser av nordlyssets spektrum. Og særlig har nordlyslinjen været gjort til gjenstand for adskillige maalinger.

Det viste sig imidlertid at de fundne værdier for bølgelængdene av de maalte linjer varierte sterkt, og ingen enkelte maalinger uthævet sig med hensyn til nøiagtighet i væsentlig grad fremfor de øvrige. Og paa grund av denne usikkerhet var tydningen av linjene rent vilkaarlig og der var langt flere forslag til tydning av spektret end der er iagttagere.

Nordlysspektret viser nemlig meget typiske træk som ikke gjenfindes i noget andet kjendt spektrum. Det mest iøinefallende træk er at man har en eneste gulgrøn linje som fuldstændig dominerer hele spektret, og man synes ikke med rimelighet at kunne henføre denne linje til noget kjendt spektrum. Man grep da til den utvei at anta at den skulde skrive sig fra en yderst let gas, som fik navnet *geokoronium*, og som kun skulde findes ved atmosfærens yttergrænse og ikke ved jordoverflaten.

Da jeg i 1910 begyndte at beskæftige mig med problemet om nordlyssets fysikalske natur og skulde søke nærmere opplysning derom fra dets spektrum, viste det sig at bestemmelsen av spektret var saa usikker at dette ikke kunde gi grundlag for nogen bestemte slutninger.

Men jeg var allikevel overtydet om at man i spektret hadde den viktigste kilde til kundskap om nordlyssets natur, og allerede vinteren 1912—13 opholdt jeg mig i Bossekop i flere maaneder væsentlig for at studere nordlyssets spektrum.

For at faa de nøiagtigste og paalideligste værdier for linjenes bølgelængde og for at kunne faa med ogsaa linjer som i almindelighet ikke kan sees med øiet i et spektroskop

anskaffet jeg mig for formaalet en spektrograf, hvor man optar spektret paa en fotografisk plate. Man faar da paa platen en mørk strek for hver spektrallinje, og hvis man nu senere maaler beliggenheten av disse streker paa platen, hvad der kan gjøres med meget stor nøiagtighet, saa kan derav spektrallinjenes bølgelængde findes.

Ved anvendelse av den fotografiske plate har man den store fordel at man kan ta tiden til hjælp. Ved at eksponere paa samme plate tilstrækkelig længe skulde man ha mulighed for at faa med paa platen selv meget svake linjer, som ikke er mulig at se med øiet.

Skjønt nordlyset kan se nok saa sterkt ut naar det lyser op i den ellers mørke vinternat, saa er det dog meget svakt naar det skal analyseres i spektrografen. Alt lys som kommer ind i apparatet maa trænge gjennem en smal spalt paa et par tiendedels mm. og dette lys skal nu spredes ut i et spektrum og altsaa fordeles paa de forskjellige linjer i spektret.

Tiltrods for at min spektrograf var hvad man kalder et lyssterkt apparat, saa viste det sig at jeg ved gjennemsnitlig at eksponere flere timer hver nat maatte holde paa flere uker for at faa med paa platen en del av de sterkeste linjer i nordlysspektret.

Foruten den sterke gulgrønne linje fik jeg fotografert 6 av de aller sterkeste linjer i den blaa og violette del av spektret.

Disse linjer i blaat og violet fik jeg nu for første gang bestemt med en saadan nøiagtighet at jeg med sikkerhet kunde avgjøre hvilket element de tilhørte.

De viste sig alle at være linjer karakteristiske for kvælstof, som jo ogsaa danner hovedbestanddelen av luften her ved jordens overflate.

Det merkelige var at jeg ikke fandt linjer fra de lette gaser, vandstof og helium, som ifølge den almindelige opfatning skulde findes der oppe i dominerende mængder. Men av disse første resultater turde jeg ikke slutte at de ikke kunde være tilstede, for jeg fik jo kun tak i nogen faa linjer, og det kunde være rimelig at linjene fra vandstof og helium nok var der, men at de optraadte noget svakere end dem jeg fik med paa platen.

Den grønne sterke nordlyslinje, som jeg ogsaa fik maalt betydelig nøiagtigere end før, kunde jeg imidlertid ikke med rimelighet identifisere med nogen tidligere kjendt linje, hverken fra kvælstof eller andre gasarter som kunde tænkes at eksistere i disse høider.

Efter hjemkomsten fortsatte jeg at observere denne linje — jeg fik mig et nyt spektralapparat der tillot endnu større nøiagtighet, men linjens oprindelse syntes kun end mere gaatefuld.

Imidlertid antok jeg at man muligens kunde komme paa spor efter oprindelsen til denne mysteriøse linje ad en mere indirekte vei, nemlig ved at faa et mere fuldstændig kjendskap til *hele den øvrige del av nordlysspektret*.

Men løsningen av denne opgave vilde kræve ikke saa smaa pengesummer til nye apparater samt til selve arbeidet. Og saavidt store beløp var det ikke saa let at skaffe.

I dette forhold indtraadte en væsentlig forandring til det bedre, da det efter initiativ av professor Fredrik Stang og med støtte av en del andre indflydelsesrike mænd lykkedes at faa oprettet Statens store forskningsfond.

Første aar dette fond traadte i virksomhet forela jeg mine planer for styret, og jeg opnaade ogsaa den nødvendige støtte, saa jeg kunde igangsætte mere systematiske og vidtgaaende undersøkelser over nordlysets spektrum.

Jeg nævner dette for det første fordi jeg skylder Forskningsfondet tak for den høist nødvendige hjælp det ydet, og for det andet for at gjøre det klart i hvor høi grad man i naturvidenskapen er avhengig av de instrumentelle hjælpemidler.

Paa grundlag av mine tidligere erfaringer konstruerte jeg og fik bygget tre forskjellige spektrografer. En liten glasspektrograf som var saa lyssterk som det praktisk talt er mulig at gjøre den med de tekniske hjælpemidler optikken for tiden raader over (fig. 1). Med dette apparat haapet jeg at faa tak i selv de aller svakeste linjer. Desuten en stor glasspektrograf med mindre lysstyrke, men med meget større spredning av spektrallinjene, saa bølgelængdene kunde bestemmes med stor nøiagtighet (fig. 2). Endelig fik jeg bygget en spektrograf hvor jeg benyttet linser og prizmer av

kvarts istedenfor av glas. Kvartsen har nemlig den egenskap at den slipper igjennem ogsaa de ultraviolette straalene (fig. 3).

Med denne kvartsspektrograf skulde jeg derfor kunne faa tak ogsaa i de linjer i nordlysspektret som ligger utenfor

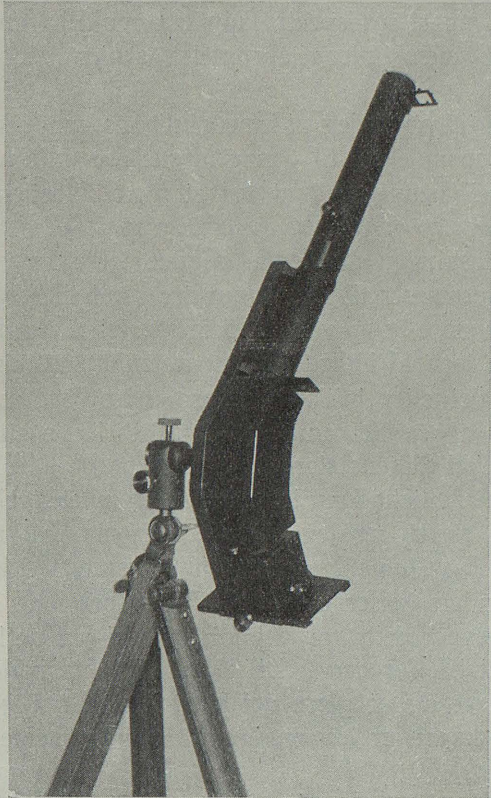


Fig. 1. Den lille lyssterke nordlysspektrograf.

den synlige del. Det viste sig ogsaa at jeg her fik maalt en hel del linjer.

Apparaturen blev anbragt i passende kasser og monteret paa taket av det geofysiske institut i Tromsø, og observationene har været drevet der snart i fire vintre. (Fig. 4 og 5).

Allerede 1ste vinters observationer gav vigtige resultater, der er blit supplert og nærmere bekræftet ved de følgende aars observationer.

Det er nu lykket at faa et nogenlunde fuldstændig billede av spektret like fra rødt til ultraviolet.

I det omraade som ligger mellem blaad og ultraviolet har jeg observeret og maalt over 30 linjer, og disse viste sig at danne et bestemt udvalg av linjer som forekommer i et bestemt spektrum som skriver sig fra kvælstof. Dette spektrum er av en særegen art.

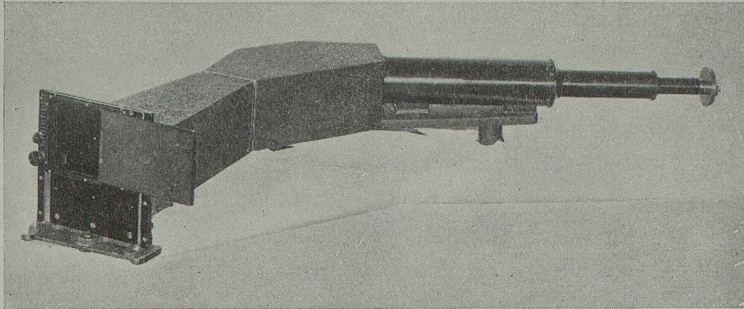


Fig. 2. Den store nordlysspektrograf med glasoptik.

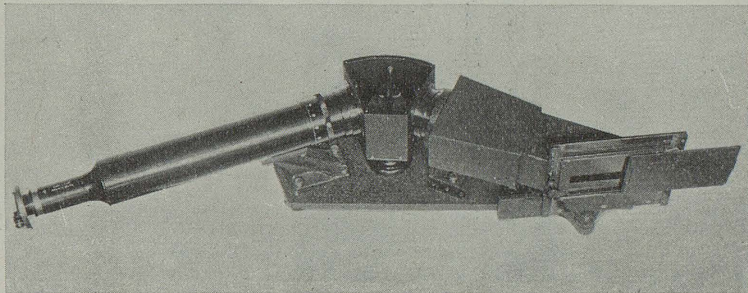


Fig. 3. Nordlysspektrograf med kvartsoptik.

Det er ikke egentlig karakteristisk for kvælstofatomet, men for den maate som atomene er koblet sammen. Det er karakteristisk for molekylet. Et slikt spektrum kaldes for et baandspektrum.

Et slikt baandspektrum faar dels sin karakter av at atomene i molekylet kommer i svingninger og dels derav at molekylet paa grund av temperaturbevægelsen kommer i rotationer.

Nu viste nordlysspektret sig imidlertid kun at ha linjer der synes at være betinget av atomsvingninger, men det hadde ingen slike linjer der er betinget av molekylrotationen. Herav blev jeg straks ledet til den slutning at den materie som utsender nordlyset maa *ha en yderst lav temperatur.*

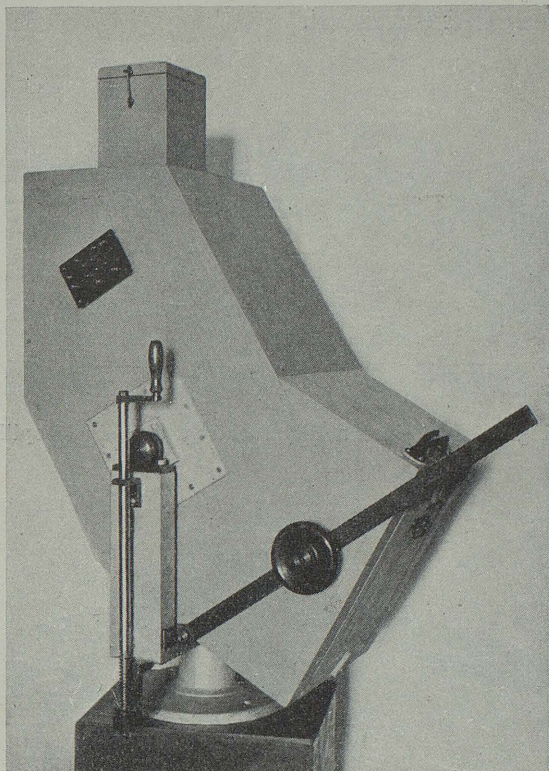


Fig. 4. En av trækasserne hvori de store spektrografer var anbragt under observationerne. I kassens indre holdtes temperaturen konstant ved automatisk regulering.

Et andet overmaate vigtig resultat var dette:

Skjønt jeg hadde opnaadd at faa spektrallinjene meget sterkt frem paa platen, fandt jeg ikke spor av de linjer der er karakteristiske for de lette gaser, vandstof og helium.

Det eneste maatte da være om den sterke grønne ukjendte nordlyslinje paa en eller anden uforklarlig maate skulde skyldes en av disse lette gaser.

At dette ikke kunde være tilfældet kunde jeg vise paa følgende maate:

Jeg optok først et spektrum hvor jeg sørget for at kun lys fra nordlysets nedre rand kom ind i apparatet. Saa optok jeg et spektrum svarende til nordlysets øvre rand. Hvis den grønne linje skyldtes en let gas, maatte den intensitet i forhold til de linjer som tilhørte kvælstof ha tiltat uhyre sterkt opover fra nordlysets nedre til dets øvre rand.

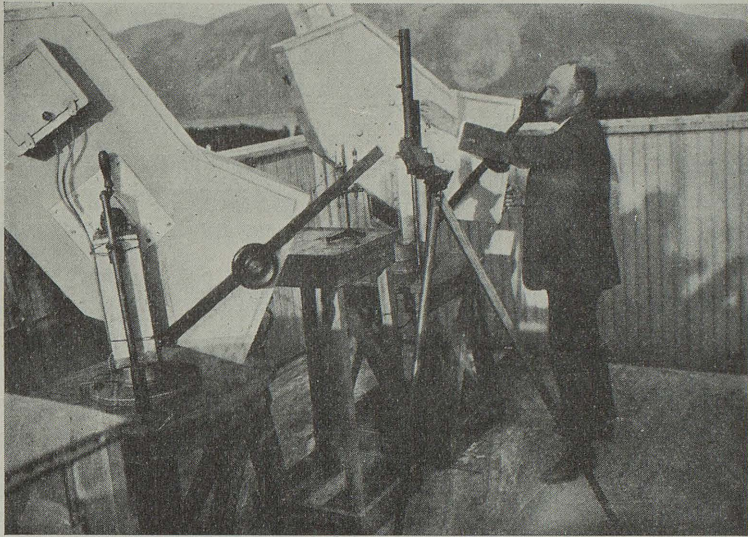


Fig. 5. Spektralapparatene prøves paa taket av det Geofysiske Institut i Tromsø.

Dette viste sig imidlertid ikke at være tilfældet. Tvertimot var nordlyslinjen endog relativt noget svakere ved øvre end ved nedre rand.

Dette viste at nordlyslinjen overhodet ikke kan skrive sig fra nogen av de lette gaser hverken vandstof, helium eller det hypotetiske geokoronium. Antagelsen av at et lag av lette gaser skulde danne yttergrænsen av atmosfæren maatte opgives.

Selv i nordlysregionen maatte atmosfæren hovedsagelig bestaa av kvælstof, og da kvælstoffets linjer blir relativt sterkere end nordlyslinjen naar vi gaar mot større høider,

maa vi anta at kvælstoffet er en dominerende bestanddel av atmosfæren like til den ytterste grænse hvor overhodet nordlys er synlig, det vil si op til flere hundrede kilometers høide.

Men hvorledes skal nu kvælstoffet som er en forholdsvis tung gas kunne holde sig i disse høider? Om man vilde beregne trykket efter de almindelige gaslove, vilde man finde at tætheten maatte være praktisk talt forsvindende i høider over 100 km.

For at forklare at kvælstoffet kan ha en merkelig tæthet i høider paa flere hundrede kilometer maa vi anta at det er elektrisk ladet og drives op i høiden av de elektriske kræfter. Det faar med andre ord en »elektrisk opdrift«.

Da alle kjendte spektrallinjer tilhører kvælstof, og da kvælstof maa være den dominerende bestanddel av atmosfæren ogsaa oppe i nordlysregionen, maatte jeg anse det som i høi grad sandsynlig at ogsaa den sterkeste av alle linjer, den grønne nordlyslinje skyldes kvælstof.

Hvis vi nu stiller os paa dette standpunkt, blir den næste opgave at finde en saadan form for kvælstoffet som kan forklare fremkomsten av denne sterke nordlyslinje i disse store høider og som samtidig gjør det forstaaelig at denne linje ikke er paatruffet ved de spektralanalyser som var foretat i laboratoriene.

Efter at ha forsøkt og atter forkastet forskjellige muligheter blev jeg tilslut staaende ved følgende:

Som nævnt viste den kjendte del av nordlysspektret at der i de høieste luftlag maatte herske en meget lav temperatur. Jeg tænkte mig nu at temperaturen oppe i nordlysregionen kunde være saa lav at kvælstoffet deroppe ikke eksisterte i form av de sedvanlige molekyler, men som yderst smaa faste partikler.

Disse partikler adskiller sig fra molekyler deri at antallet av atomer i hver partikel kan variere, samt deri at atomene er bundet til hinanden paa den maate som er typisk for den faste form.

Vi har allerede nævnt at der er spektrer som er karakteristiske for den maate hvorpaa atomene er bundet sammen. *Den grønne nordlyslinje og forøvrig nogen faa andre linjer i*

rødt og grønt skulde da kunne være linjer som er karakteristiske for kvælstof i fast form.

Da man aldrig tidligere havde undersøgt lys fra fast kvælstof, saa forklarte dette uten videre at de ukjendte linjer i nordlysspektret tiltrods for at de tilhørte kvælstof allikevel ikke var opført i spektraltabellene.

Disse kvælstofpartikler maa antages for en del at være elektrisk ladet. De drives opover i atmosfæren, men vil saa omlades og falde ned igjen, mens ladningen overføres paa en anden partikel. Der vil være en ustanselig bevægelse, ingen egentlig likevegt i disse høieste lag av atmosfæren.

Dette lag av kvælstofpartikler vil sprede lyset og gi sit bidrag til himmelens blaa farve. Det forklarer ogsaa fixstjernerenes tindring samt den omstændighet at planetene ikke tindrer.

Naar de ladede partikler drives opover, vil de faa karakteren av elektriske straalder der fortrinsvis vil følge de magnetiske kraftlinjer. Dette medfører at denne elektriske atmosfære fortrinsvis vil samle sig om det magnetiske ekvatorplan. Atmosfærens yttergrænse vil ligge høiere og høiere eftersom vi kommer mot ekvator. Denne konsekvens av min opfatning av de høieste luftlag er støttet av det forhold at nordlysstraalenes største høide er større paa lavere bredder end oppe i nærheten av nordlysbeltet.

Atmosfæren faar paa denne maate form av en skive der ligger i det magnetiske ekvatorplan. Naar solen efter solnedgang belyser denne skive, vil det for en iagttager i nærheten av ekvator ta sig ut som en lysende kegle paa nathimlen. Dette fænomen er vel kjendt og kaldes for *zodiakallyset*.

Den forestilling med hensyn til de øverste luftlag som studiet av nordlysspektret hadde ført til, forklarte ikke alene nordlyset selv men ogsaa en række andre kosmiske fænomener og blandt andet det gaatefulde zodiakallys som ogsaa Birke-land i sine sidste leveaar hadde ofret stor opmerksomhet.

Det store spørsmaal var nu, forholder det sig nu ogsaa virkelig slik at fast kvælstof naar det utsættes for virkningen av elektriske straalder gir anledning til en sterk dominerende linje paa nordlyslinjens plads, og gir det overhodet en saa-

dan lysning at den forklarer det typiske og egenartede nordlysspektrum?

Skulde dette kunne la sig prøve ved eksperiment?

Kvælstof gaar over til fast form ved -213° . Det vil si ved en temperatur som ligger 60° over det absolutte 0-punkt, der er den lavest opnaelige temperatur der ligger ved -273° .

Skulde man kunne studere lysningen fra fast kvælstof maatte man undersøke det ved en temperatur som ligger betydelig under flytende lufts temperatur. Man maatte benytte en kjølevæske der har endnu lavere temperatur. Av saadanne er der væsentlig tre som kan komme i betragtning, nemlig flytende neon (temperatur 25° absolut) flytende vandstof (20° absolut) og flytende helium (5° absolut).

Da jeg ved mit laboratorium ikke hadde midler til at produsere disse kolde væsker, henvendte jeg mig til verdens første autoritet paa dette omraade, den netop avdøde hollandske fysiker professor Kamerlingh Onnes, og han og hans efterfølger professor W. H. Keesom har nu i de to sidste aar med stor elskværdighet latt mig nyde godt av de enestaaende tekniske hjelpemidler som deres kuldelaboratorium i Leiden byr paa.

De nødvendige apparater blev konstruert og bygget høsten 1923, og de første forsøk blev utført i januar 1924.

Jeg kan ikke her gaa nærmere ind paa enkeltheter med hensyn til forsøkene, jeg skal kun nævne et par ting:

En bundt med katodestraaler støtte mot enden av en skraat avskaaret kobberstav, der stod i forbindelse med den beholder som blev fylt med kjølevæsken, der for tilfældet bestod av flytende vandstof.

En strøm av kvælstof blev ledet ind i apparatet og en del slog sig ned som et gjennemsiktig isbelæg paa den avkjølte kobberfilate. Dette belæg av fast kvælstof kunde nu bombarderes med de elektriske straalere (fig. 6).

Det var med spændt forventning at jeg første gang satte straalene paa, og til min store glæde saa jeg virkelig kvælstoffet lyse op med en rent usedvanlig styrke og med den samme sælsomme gulgrønne lysning som vi kjender fra nordlyset.

Jeg optok ogsaa en del spektrere og ved et blik saa jeg

at spektret fra fast kvælstof hadde en slaaende likhet med nordlysspektret. Spektret i blaatt og violet kunde overhodet ikke adskilles fra et nordlysspektrum.

I grønt optraadte to brede linjer. Den ene var ret skarp og viste sig at svare til en svak linje i nordlysspektret med

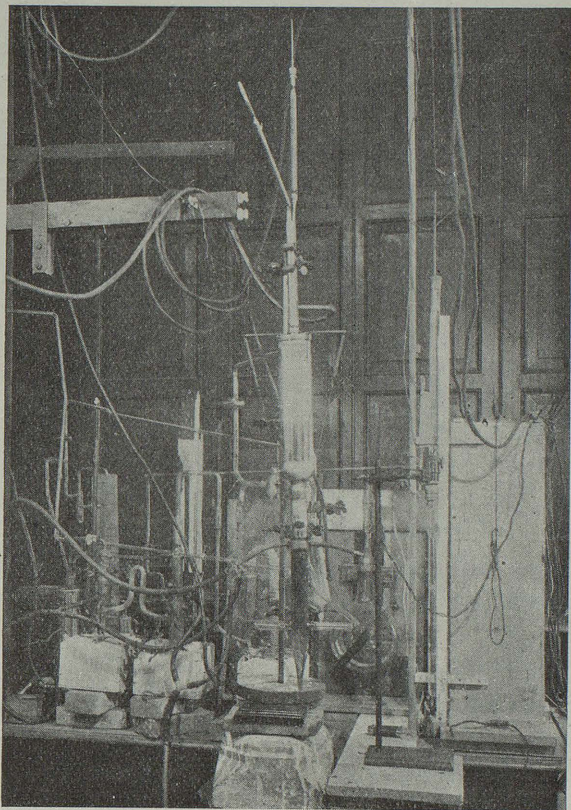


Fig. 6. Apparat benyttet i Leiden for undersøkelse av lyset fra fast kvælstof.

bølgelængde (5230 Å). Den anden linje eller smale baand utbredte sig paa begge sider av den sterke nordlyslinje, der har bølgelængden (5577 Å).

Dette smale baand i spektret viste sig nu at kunne bli saa sterkt at det dominerte hele spektret akkurat som »nordlyslinjen« dominerer i nordlysspektret.

Det forhold at jeg paa den sterke grønne nordlyslinjes plads fik et smalt baand og ikke en helt skarp linje var kun hvad jeg hadde ventet. Det kommer av at jeg i forsøket bombarderer et stort stykke kvælstof, mens de kosmiske straalere oppe i nordlysregionen bombarderer uhyre smaa partikler av molekylær størrelsesorden.

Jeg har ogsaa kunnet føre eksperimentelt bevis for at denne opfatning er rigtig. Naar kvælstofpartiklene avtar i størrelse, blir det smale grønne baand i spektret stadig smalere og blir tilslut til en linje der falder sammen med nordlyslinjen.

Ved de senere forsøk har jeg ogsaa kunnet paavise baand i den røde del som motsvarer typiske linjer i nordlysspektret og ved disse røde linjer har jeg kunnet forklare at nordlyset undertiden antar en dyp rød farve. Likeledes har jeg kunnet vise at fast kvælstof ogsaa i ultraviolett gir samme spektrum som nordlyset.

Forsøkene har altsaa helt ut bekræftet rigtigheten av det resultat jeg kom til ved studiet av nordlysspektret. De høieste lag av atmosfæren bestaar altsaa av yderst koldt og tildels elektrisk ladet kvælstofstøv. *Spektret fra fast kvælstof forklarer alle typiske træk ved nordlysets spektrum.*

Dette gjælder naar vi utsætter det faste kvælstof for langsomme katodestraaler. Benytter vi positive straalere faar vi vistnok fremdeles de samme grønne linjer, men i blaatt, violett og ultraviolett faar vi et helt nyt tidligere ukjent spektrum, som heller ikke findes i nordlyset.

Dette viser at nordlyset ikke i nævneværdig grad kan skyldes positive straalere, men maa være frembragt ved straalere av negative elektroner.

Det nye spektrum som de positive straalere frembragte vil sandsynligvis gi forklaringen paa et andet lysfænomen, nemlig nathimlens lys. Lord Rayleigh har vist at dette lys indeholder nordlyslinjen, men undertiden ogsaa nogen baand i blaatt av ukjent oprindelse. Disse baand ligger nu netop paa de samme steder som de baand som frembringes ved bombardement av fast kvælstof med positive straalere.

Nathimlens lys skyldes altsaa ogsaa det faste kvælstof og opstaar paa grund av at dette er i elektrisk ladet tilstand, enkelte partikler vil maatte antages at faa saa stor hastighet

at de ved støt kan frembringe lys. Paa denne maate ligger altsaa disse høieste atmosfærelag og ulmer hele natten og gir himmelbunden som ellers vilde være fullstendig sort en ganske merkbar lysning.

Det faste kvælstof kan eksistere i to modifikationer med et omvandlingspunkt der ligger ved $\div 273.5^{\circ}$. Under denne temperatur er det at kvælstoffet besidder sin uhyre evne til at utsende lys, mens det faste kvælstof over omvandlingspunktet har tapt denne evne næsten totalt og gir i denne tilstand ikke det lys som motsvarer nordlysspektret. Der hvor nordlysets spektrum optrær i atmosfæren maa altsaa temperaturen være under $\div 237.5^{\circ}$.

Der skulde altsaa være en viss flate høit oppe i atmosfæren hvor temperaturen er netop lik $\div 237.5^{\circ}$. Under denne flate skulde vi ha almindelig gasformig kvælstof eller kvælstof i den svagt lysende form, over denne skulde vi ha fast kvælstof med dets usedvanlige store evne til at utsende lys. Da nordlyset gaar ned til 90 km. og viser nordlyslinjen like til nederste rand, saa maa denne grænseflate ligge under 90 km.s høide.

Hvor denne grænseflate ligger kan vi sandsynligvis slutte av to andre fænomener, nemlig *meteorene* og de saakaldte *lysende natskyer*.

Maaler man de høider hvortil meteorene trænger ned i atmosfæren og man undersøker hvor hyppig de naar ned til de forskjellige høider over jordens overflate, saa finder man at et meget stort antal forsvinder ved en høide paa 80 km. Saa kommer vi til et omraade med meget faa meteorer, og saa endelig faar vi et stort antal ved 50 km. høide (fig. 7). Dette merkelige forhold kan forklares paa følgende maate:

Det øverste maksimum beror paa den sterke lysevne hos det faste kvælstof. Denne sterkt lysende form for kvælstof skulde ophøre naar vi kom ned til ca. 80 km. høide. Nedenfor denne høide har kvælstoffet liten evne til at lyse, ved 50 km. høide kan vi igjen faa sterk lysning paa grund av at meteorene blir glødende og vi faar det laveste maksimum for meteorhyppigheten.

Det faste kvælstof har evne til at opta fosforessensenergi og kan vedbli at lyse uten at det utsættes for bestraling.

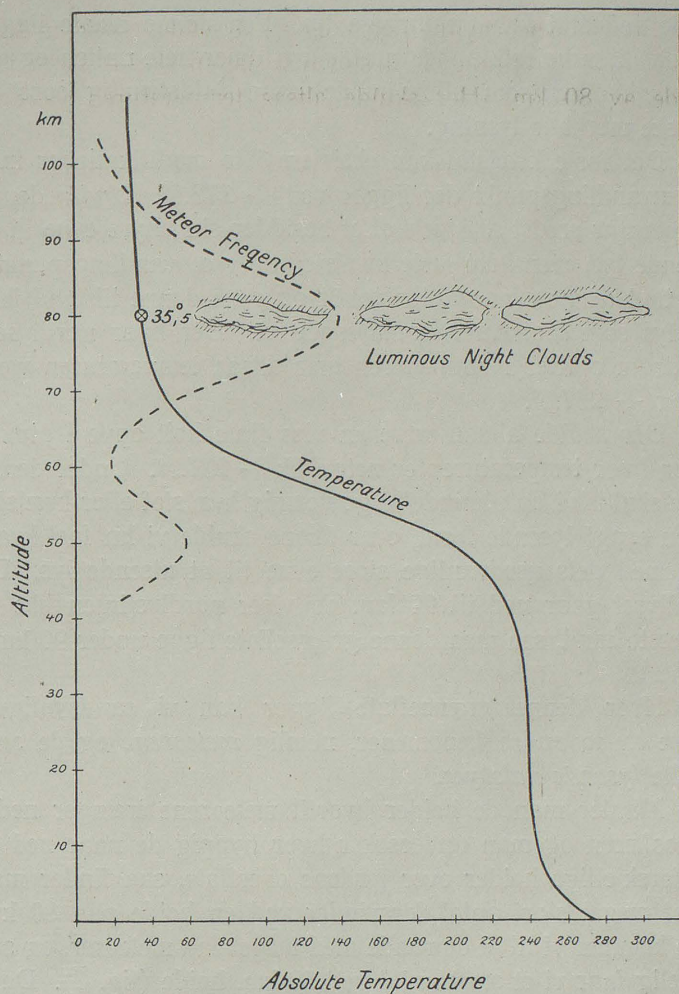


Fig. 7. Diagram som viser variationen av meteorhyppigheten, beliggenheten av de lysende natskyer, samt temperaturen i atmosfæren.

Naar kvælstoffet synker ned under den nævnte grænseflade, vil det faste kvælstof maatte avgi sin fosforessensenergi og vil lyse op. Der skulde altsaa umiddelbart over grænseflaten kunne dannes et lysende lag. Paa denne maate kan man sandsynligvis forklare de lysende natskyer. Nu viser maalinger at disse skyer netop ligger i en hoide av 80 km.

Baade meteorhyppigheten og de lysende natskyer fører altsaa til at overgangen til støvatmosfæren skulde ligge i en høide av 80 km. Her skulde altsaa temperaturen være $\div 237.5^{\circ}$. Dette vilde gi et sikkert holdepunkt for bestemmelsen av atmosfærens temperatur. Da vi kjender temperaturens forløp for de nederste atmosfæreskikt, vil vi paa grundlag av dette kjendskap til temperaturen i 80 km.s høide kunne angi noksaa nøiagtig hvorledes temperaturen maa variere gjennom hele atmosfæren.

Og kjendskapet til temperaturen op gjennom hele atmosfæren vil være et overmaate viktig og uundværlig støttepunkt for en eksakt og generel behandling av atmosfærens fysik og de meteorologiske problemer.

Meterens historie.

Av lektor S. Alsaker-Nøstdahl.

Det metriske maal- og vegtsystem er det fuldkomneste system som eksisterer, og litt av dets historie bør kjendes av enhver.

Det viser sig imidlertid at meget faa endog vet hvor vi har faat systemet fra, endnu færre vet noget korrekt om meterens historie. Ja selv folk som skriver om saken har sine kundskaper fra anden og tredje haand, og hver eneste ting jeg har set derom har været mere eller mindre feilagtig.

Hvad er saa sandheten?

Metersystemet er opfundet i Frankrige, og er med rette alle franskmænds stolthet. Det repræsenterer i utpræget grad den franske aands eksakthet og klarhet. Spør man i en fransk skole barnene om hvilken opfindelse er den fineste Frankrige har gjort, svares der i kor: »det metriske system«. (Le système métrique).

Den store franske revolution begyndte med riksstendernes d. v. s. nationalforsamlingens sammentræden den 5te maj 1789. I et møte i januar 1790 fremsatte den berømte deputerte Talleyrand-Périgord et forslag om at man skulde

indføre et nyt maal og vegtsystem, for at raade bot paa den store forvirring som da hersket i Frankrige med hensyn til maal og vegt. Maalet burde være saa klart og letvindt at det kunde antages av alle andre civiliserede nationer.

Nationalforsamlingen fremmet meget gjerne slike forslag som kunde tjene til at sammenbinde og utviske forskjellen mellem nationene. Nationalforsamlingen overlot det da til videnskapenes akademi at utpeke en kommission («Commission des Poids et Mesures») til at fremme saken.

Kommissionen bestod av Frankriges betydeligste matematikere, fysikere og astronomer paa den tid, nemlig: Borda Condorcet, Lagrange, Laplace og Monge. Disse indleverte sit forslag 19de mars 1791, og behandlet heri de tre fundamentalenheter som burde komme i betragtning, nemlig: 1) sekundpendelens længde, 2) ekvators længde eller 3) meridianens længde. Efter nogen drøftelse blev man enig om at 10-milliontedelen av avstanden fra ekvator til nordpolen maalt paa meridianen gjennom Paris' observatorium skulde være grundenheten for længdemaal, og av denne skulde alle de andre maal avledes.

Kommissionens forslag blev adoptert av nationalforsamlingen den 26de mars 1791 og sanktionert av kongen 30te mars. Hovedkilden til det metriske systems historie er skrevet av den berømte astronom Jean Baptiste Delambre (1749—1822), professor i astronomi ved Collège de France. Hans verk herom er: »*Base du système métrique décimal*«, 3 bind, (Paris 1806—1810).

Det er i 1ste bind av sit verk (side 23 og følgende) han omtaler de indledende forhandlinger (Discours préliminaires).

For at maale jordmeridiankvadrantens længde bestemte man sig til at maale meridianstykket fra Dunkerque i Frankrige over Amiens gjennom Paris's observatorium til Barcelona i Spanien. Men dette arbeide var ikke gjort paa én dag.

Det var de to astronomer Delambre og Pierre Méchain som begyndte arbeidet i juni 1792. Delambre fortæller selv i sit verks 1ste bind om alle de uhyre vanskeligheter som var at overvinde paa grund av befolkningens fanatiske uvidenhed og hat til alt som utgik fra regjeringen i Paris. Det er et av de sælsomste kapitler i videnskapens

historie, og kan endnu læses med den største interesse, ikke mindst derved at baade *Delambre* og *Méchain* viser sig at være mænd som var saa begeistret for sin opgave, og begavet med en næsten utrolig viljekraft at de trodser alle vanskeligheter. Deres navn er derfor for evig knyttet til det metriske systems historie.

I slutten av november 1798 var maalingene færdig, og utregningene blev færdig i juni 1799. Meridianbuen mellem Dunkerque og Barcelona blev fastsat til 551 584,72 Toises du Péron (uttales toaser [favne]). Perufavnen var nemlig blit brukt ved gradmaalingen i Peru 1735.

Temperaturen ved hvilken lengden skulde maales blev sat til 13° *Reaumur*, forskjellen mellem polhøidene for begge steder = $9,6738^{\circ}$, flattrykningen = $\frac{1}{334}$ og meridianbuen mellem ekvator og nordpolen fastsat til 5 130 740 Toiser. Herav følger igjen at 1 m. = 0,531074 Toiser eller 443,295936 pariserlinjer.

Instrumentmakeren *Lenoir* lavet da en møstermeter av platina, den saakaldte *Etalonprototype*, som ved 0° R. hadde en længde av 443,296 pariserlinjer av Peru-Toisen ved 13° R. Denne blev nedlagt i republikkens national-arkiv den 5te messidor aar VII (*23de juni 1799*), den kom senere paa observatoriet i Paris, hvor alle instrumenter som var anvendt ved gradmaalingen blev opbevaret, desuten alle manuskripter. Den næste dag, altsaa 6te messidor i aaret VII (*24de juni 1799*) blev den lov sanktionert som *setter 1 m. = 443,296 pariserlinjer av Peru-Toiser ved 13° R.*

Der blev nu nedsat en komité paa 12 fremstaaende videnskapsmænd til at utarbeide det metriske system i alle detaljer, og disse blev da endelig fastslaat ved *lovene av 10de desember 1799* og *2den novbr. 1801*.

Imidlertid gjorde de mange indre uroligheter i Frankrige sit til at gjennemførelsen av bruken av det metriske system gik meget langsomt, og spesielt derved at Napoleon i 1812 tillot at der bruktes 2 nye maalenheter en paa 2 m., (toise) og en paa $\frac{1}{3}$ m. (fot). Tilladelsen til at bruke disse blev dog ophævet ved loven av 4de juli 1837, og det metriske system blev *tvungent* ved loven av *1ste januar 1840*.

Hvis nu den ovenfor omtalte *Etalon-prototype* skulde bli ødelagt, kunde man beregne meterens længde ved hjælp av sekundpendulets længde i Paris. Fysikerne Borda, Cassini og Méchain har bestemt dens længde i lufttomt rum til 0,9938 meter paa Paris' observatorium. (Base du syst. metr. III, side 400 og 401).

Det ligger dog i sakens natur at enhver, selv den mest nøiagtige maaling av jordkloden maa bli litt unøiagtig. Flere senere jordmaalinger har vist at jordmeridianen er noget *længere end* 10 millioner meter.

Den sidste bestemmelse av amerikaneren John F. Hayford 1910 viser at meridiankvadranten er *foreløbig* 2286 meter, ± 117 meter midlere feil, længere end 10 millioner meter, altsaa er meteren *0,2286 millimeter kortere end efter den oprindelige definition.*¹⁾

Men man kan selvfølgelig ikke stadig forandre meterens længde. Den er nu engang for alle *urokkelig* bestemt.

Meteren er derfor nu definert som avstanden ved 0° C. mellem endestrekene paa den maalstav, som i 1889 den 28de september av den internationale generalkonferanse for maal og vegt er anerkjendt som international meter-prototyp, og som blev nedlagt og nu opbevares i det internationale byraa for maal og vegt i pavillon Breteuil i Sevres ved Paris. Dette byraas 2den direktør var nordmanden, professor i matematik dr. Ole Jacob Broch. Denne meter er naturligvis nøiagtig like stor som »arkivmeteren«, men lavet av et litt haardere materiale: 90 pct. platina og 10 pct. irridium. Av denne mønstermeter er kopier av platina-irridium fremstillet og utlevert til de stater som er tilsluttet det metriske byraa, for at tjene som normal for justering av længdemaal i vedkommende land.

Vor mønstermeter (meterprototyp) opbevares hos juster-direktøren i Oslo.

I Norge er metersystemet indført ved lov av 22de mai 1875. Fra 1ste juli 1879 er det indført ved alle beregninger

¹⁾ Se: John F. Hayford: »The figure of the Earth and Isosyzy from Measurements in the U. St. Wash.« 1909 and Suppl. Investigations. 1910.

av told og andre offentlige avgifter og takster. Efter *1ste juli 1882* maa alene metrisk maal og vegt brukes ved al offentlig maaling og veining.

Arkivkilogrammet skulde efter definitionen være vegten av 1 dm.³ rent destillert vand av 4° C., veiet i lufttomt rum ved havets overflate ved 45° n. br.

Det er en cylinder av platina av en bestemt størrelse.

Nyere maalingen viser nu at dette kg. er 24 milligram *tyngre* end det efter definitionen skulde være. I det praktiske liv har dette ingen betydning; men selvfølgelig i videnskabelige maalingen.

Man maa ved læsningen av dette være opmerksom paa at polhøidene mellem Dunkerque og Barcelona = 9,6738° er efter den av astronomen *Pierre Simon Laplace* indførte centicimale inndeling av cirkelen. Cirkelkvadranten = 100° à 100' à 100".

Denne inndeling brukes nu av mange skoler i Tyskland og Frankrig. Hos os er nu indført 10de deler og 100de deler o.s.v. av grader istedetfor den tungvindte 360° à 60' à 60".

$$1' = \frac{1}{60}^{\circ} = 0.01666 \dots^{\circ}; 1'' = \frac{1}{3600}^{\circ} = 0.0002777 \dots^{\circ}$$

Men cirkelens deling i 360° er beholdt hos os indtil videre.

Mens man som ovenfor er forklart har maattet fravige den oprindelige definition av meteren som 1 timilliontedel av jordmeridiankvadranten eftersom man ved gradmaalingene fik jordklodens dimensioner nøiere og nøiere bestemt, er man ad *optisk vei* naadd til at kunne henføre enheten for vore længdemaal til et uforanderlig naturmaal.

Allerede omkring 1860 utkastet den berømte engelske fysiker *James Clerk Maxwell* (1831—1879) tanken om at bestemme meteren ved hjælp av en bestemt lysstraales bølgelængde.

Den franske fysiker *Armand Fizeau* (fizâ) (1819—1890) underkastet saken en nærmere drøftelse, men den praktiske utførelse viste sig uutførlig paa dette tidspunkt, da man endnu ikke kunde maale lysets bølgelængde.

Men nu er midlet funnet ved hjælp av de i lyslæren bekjendte interferensfænomener.

Paa grundlag av disse mente de to amerikanske fysikere Albert Michelson (f. 1852) og E. Morley at kunne bruke lysets bølgelængder som naturmaal.

De konstruerte først et apparat, *et interferometer*, hvorved de paaviste at mediets bevægelse indvirket paa lysets hastighet. Deres forsøk vakte opmerksomhet og foranlediget den internationale maal- og vegtkomit  til at anmode Michelson om at fortsætte sine forsøk i Paris. Det lykkedes ham her i tiden fra oktober 1892 til mars 1893 at bestemme med en f r ukjendt nøiagtighet den internationale meters længde i forhold til bølgelængden for den røde linje i *Cadmium*-spektret.¹⁾ Michelsons metode er senere blit forbedret, og ved maalingen i 1906 lykkedes det at bestemme normalmeterens længde i forhold til ovenfor nævnte bølgelængde med overordentlig nøiagtighet. Resultatene anføres nedenfor. Det er resultatet av 4 uavhengige maalingen. Her betegner λ *bølgelængden* for den ovenfor nævnte lysstraale og μ (my) er 0,001 mm. eller 1 mikron.

- 1) 1 m. = 1 553 164,12 λ eller $\lambda = 0,64\ 384\ 696\ \mu$
- 2) 1 m. = 1 553 164,16 λ „ $\lambda = 0,64\ 384\ 695\ \mu$
- 3) 1 m. = 1 553 164,22 λ „ $\lambda = 0,64\ 384\ 692\ \mu$
- 4) 1 m. = 1 553 164,02 λ „ $\lambda = 0,64\ 384\ 700\ \mu$

Som middeltal faaes:

$$1\ \text{m.} = 1\ 553\ 164,13\ \lambda\ \text{eller}\ \lambda = 0,64\ 384\ 696\ \mu$$

Man t r derfor nu gaa ut fra at meteren til alle tider er bestemt ved et i naturen forekommende for alltid uforanderlig naturmaal.

Som resultat angaaende meterens definitioner faar vi altsaa:

1. Den oprindelige definition av *19de mars 1791* lød: Meteren skal være 1 timilliontedel av avstanden fra nord-polen til ekvator maalt langs meridianen gjennom Paris' observatorium.
2. Meteren repræsenteres av den platin-irridium-stav som under navn av den internationale meter den *28de septem-*

¹⁾ *Cadmium* = Cd = 112,40 er et metallisk grundstof som hører til det periodiske systems anden gruppe og slutter sig til sink og magnesium. Det utvindes som biprodukt ved sinkdestillationen.

ber 1889 blev anbragt i det internationale byraa for maal og vegt i Pavillon de Breteuil i Sévres ved Paris.

3. *Længden* av meteren blev angit av den engelske astronom Sir *David Gill* slik:

»Den var i aaret 1906 e. Chr. ved en temperatur av 0° C. 1 553 164,13 ganger større end bølglængden for den røde linje i cadmiumspektret, slik som denne kan observeres i fuldkommen tør luft ved en temperatur av 15° C., maalt paa vandstoftermometrets temperaturskala ved et tryk som av en 760 mm. høi kvikksølvsvøile ved 0° C.«

Der er neppe nogen rimelig grund til at tro at meteren siden 1889 og til 1906 har undergåat forandring i sin længde, naar man ser hen til den gode overensstemmelse mellem midtallene av Michelsons maalinge i 1892—1893 og med maalingene i 1906. Men videnskapen gaar stadig fremad!

Albert Michelson fik i 1907 nobelprisen for fysik.

Det metriske system er nu (1926) indført:

1. I *Europa* i ca. 28 stater med ca. 250 millioner mennesker. I *Storbritannien* og *Irland* samt *Rusland* er det endnu ikke indført.
2. I *Afrika* er det indført i 3 stater med ca. 20 millioner mennesker.
3. I *Amerika* er det indført i ca. 16 stater.
4. I *Asia* er det ikke indført.
5. I *Australia* er det heller ikke indført.

Hvor meteren opbevares.

For at nærmere bestemme visse tekniske detaljer angaaende det metriske system holdtes der i aarene 1870 og 1872 internationale meterkonferanser i Paris, hvilke tilsidst gennem den internationale meterkonvention (fr. »Convention internationale du metre) av 20de mai 1875 ledet til oprettelsen av det internationale byraa for maal og vegt i Paris (Bureau international des poids et mesures).¹⁾ Byraaet traadte i virksomhet i 1876.

¹⁾ Meterkonventionen undertegnedes av 18 stater med en befolkning av 351 millioner mennesker. England, Holland og Grækenland avslog at undertegne.

Man blev enig om at byraaets opgave skulde være at sammenligne prototypene for længde og vegtenheter; men nogen forutgaaende antagelse av det metriske system blev ikke gjort til betingelse.

Den 24de september 1889 samledes der igjen en international konferanse for maal og vegt. De forskjellige staters utsendinger skulde nu motta fra det internationale byraa de nøiagtig sammenlignede prototyper av meteren og kilogrammet og desuten bestemme byraaets fremtidige budget.

Det internationale meterbyraas opgave var først aa føre kontrol med og desuten sammenligne alle de nye prototyper av meter og kilogram. Dette arbeide er avsluttet. Byraaet har desuten til opgave at opbevare de internationale prototyper, og periodisk utføre sammenligninger med disse og de enkelte staters prototyper, i den hensigt at sikre sig imot at nogen av dem i tidens løp undergaar merkbare forandringer.

Fremdeles skal det sammenligne de metriske normaler med normalene for de ikke metriske systemer for maal og vegt for nøiagtig at bestemme forholdet mellem de forskjellige systemer.

En meget viktig opgave er desuten at undersøke og sammenligne de ved geodætiske arbeider benyttede maalstave.

Endelig skal det ogsaa mot en billig takst undersøke præsisjonsinstrumenter som meterstave, barometer og termometer for de videnskapsmænd og instrumentmakere som ønsker det.

Byraaet ligger i den saakaldte *Pavillon de Breteul*, som ligger i parken *St. Cloud*, omtrent en times reise nord for centret av Paris i byen Sevres.

Det var av vigtighet at byraaet blev henlagt paa et sted hvorfra al trafik med de derav følgende uavladelige rystelser av jordbunden var fjernet, men det maatte dog ikke være for langt fjernet fra Paris; ti man maatte jo stadig bruke instrumentmakere og apparater fra Paris i byraaet.

Le pavillon de Breteul var i særlig grad passende i alle henseender, og den franske stat overlot den og ca. 2,5 ha. av parken *St. Cloud* til gratis avbenyttelse for det internationale byraa.

I april 1876 begyndte man at bygge, og høsten 1878 var byraaet færdig til at begynde sin virksomhet. Der ligger et umaadelig arbeide nedlagt i de metriske normaler, som nu er fordelt over hele jorden.

Om byraaets praktiske nytte kan der kun være én mening.

Spesielt for de geodætiske maalstaves vedkommende burde byraaets opprettelse ikke alene være den bedste, men uten tvil ogsaa den *billigste* løsning av den opgave at sikre enheten i de civiliserte landes gradmaalinger.

Selve staven til metrene og cylinderne til kilogrammene er levert i raa form av det bekjendte store firma Matthey, Johnson & Co. i London, som behersker platinamarkedet. Den videre forarbeidelse og endelige forarbeidelse av normalen er foretat i Paris av franske mekanikere og videnskapsmænd. Indtil 1889 var der ialt levert 40 kilogrammer og 30 metre. Man kan gjøre sig en forestilling om med hvilken omhu og dygtighet dette arbeide er gjort naar man hører at ikke en eneste av de 30 metre er saa meget som 3 μ (my) = 0,003 mm. for lang eller for kort.

Naar man nu betænker at et menneskehaar har en tykkelse av 12 til 15 μ , saa indser man at det er en vanskelig sak at trække en strek med en nøiagtighet av 3 μ , og endda er feilen for over halvparten av metrene mindre end 2 μ .

Dette er den nøiagtighet som kan opnaaes fra konstruktørens side. Paa byraaet har man opnaadd en nøiagtighet av indtil 0,2 μ .

Dette vil da si at man kan være sikker paa at en hvilken-somhelst meter ikke er saa meget som 0,2 μ = 0,0002 mm. længere eller kortere end man paa byraaet har fundet den.

For kilogrammenes vedkommende er usikkerheten i den endelige værdi *1 a 2 tusendedels milligram*. Nøiagtigheten er her saa stor at den sandsynligvis vil tilfredsstillе alle behov i mange aar fremover.

Byraaet har desuten i andre retninger hat stor videnskabelig betydning.

Ved alle finere maalinger spiller *temperaturen* en indgripende rolle. Den nøiagtige bestemmelse av denne er derfor av allerstørste betydning. Man har derfor underkastet

kviksølvttermometrenes konstruktion og behandling en indgaaende granskning, specielt hvordan man kan bortskaffe de feil hvormed det er beheftet, og disse undersøkelser er av fundamental betydning og de nøiagtigste i sit slags som overhodet eksisterer.

Likeledes har man byraaet at takke for de nyeste og bedste undersøkelser over gasartenes tryk- og volumændringer ved temperaturforandringer.

En mand hvis navn er uløselig knyttet til det internationale meterbyraas historie er vor landsmand professor i matematik dr. Ole Jacob Broch. Han er født i Fredrikstad 14de jan. 1818 og døde i Sèvres ved Paris 5te febr. 1889. Han ligger begravet paa Vor Frelses gravlund i Oslo. Han blev i 1858 prof. i den rene matematik ved Kristiania Universitet og utfoldet som universitetslærer og medlem av mangfoldige kommissioner, direktioner etc. en storartet virksomhet i vort land. Han repræsenterte desuten Norge ved flere internationale kongresser.

Efterat det metriske byraas bygninger var færdige vaaren 1879 blev han straks tilbudt stillingen som direktør, og efterat ha ordnet sig med sine mange stillinger herhjemme overtok han definitivt direktørposten høsten 1883. Om hans sjeldne skikkethet for denne stilling er der kun én mening. Hans arbeidskraft var næsten utrolig, hans videnskabelige dygtighet og evner som administrator er hævet over enhver ros.

Broch var ikke den første direktør for byraaet, hans forgjænger var den bekjendte italienske fysiker Gilberto G o v i (1826—1889).

Dr. O. J. Broch forægte til det norske universitet en 4 m. lang geodætisk maalestok, som var konstruert av ham. Denne stav opbevares nu av Norges geografiske opmaaling. For endel aar tilbake var den i Paris hvor dens nøiagtige længde blev bestemt ved sammenligning med meterprototypen, og den kommer derfor herefter til at danne grundlaget for alle vore geodætiske maalinger.

Det metriske byraas nuværende direktør er schweizeren Guillaume.

Literatur.

1. Delambre: »Base du système métrique«, 3 bind, Paris 1806—1810.
2. Chauvin: »Histoire du mètre«, Limoges 1901.
3. Bigourdan: »Le Système métrique des poids et mesures, son établissement et sa propagation«, Paris 1901.
4. D. Isachsen: »Det internationale meterbureau« i »Nordisk Tidsskrift«, årgang 1889, side 631—647.

Litt om „kvælstofproblemet“ og dets løsning.

Av Eilif W. Paulson.

Stadig større mængder og stadig flere arter av naturens kræfter og stoffer ser vi drages ind i kulturhusholdningens kredsløb.

Stoffer som igaar var ukjendt kommer frem i lyset, undersøkes, findes tjenlige til et eller andet formaal og blir kanske i løpet av kort tid uundværlige.

Andre stoffer kan ha været kjendt og brukt gjennom lange tider uten derfor at ha spillet nogen avgjørende rolle, indtil de ved en ganske bestemt vending i kulturutviklingen rykkes frem i forgrunden av det daglige liv og kanske hurtig kommer at indta en rent dominerende stilling — som tilfældet har været med stenkullene.

Atter noget andet er det som er foregaat med *kvælstoffet*. Dette har alle dage indgaat i menneskenes husholdning og vil ogsaa fortsætte med at gjøre det. Men det har nærmest været der som noget selvfølgelig, som lys og luft, der nok var vigtige, men samtidig overflødige i mængde og unddraget menneskelig indflydelse: det var en *natur-*og ikke en kultur-faktor. Forsyningen skedde saa at si automatisk og saa længe der hersket likevegt mellem tilførsel og forbruk var alt i orden.

Imidlertid kom efterhaanden tilsyne et misforhold; man lot til at være kommet til grænsen for naturens ydeevne, og

det gik litt efter litt op for menneskene at det vilde bli nødvendig at komme naturens produktive kræfter tilhjælp for at holde vedlike den altid raskere cirkulation av kvælstofprodukter som fulgte med den vældige vekst i kulturens stofskiftevirksomhet.

Henimot slutten av det nittende aarhundrede syntes spørsmålet om dækning av de uavviselige, løpende behov for kvælstof — om ikke for det store publikum saa dog for de indviede — at tilspidse sig til en rent dramatisk form og betegnelsen »*kvælstofproblemet*« blev et naturlig uttryk for de tanker som situationen fremtvang. Alvorlige videnskapsmænd mente at kunne tale om muligheten for en fremtidig »kvælstofnød«, og i virkeligheten var denne mulighet langt mere nærliggende end den ofte omtalte »kulnød«, som altid, trods de mest pessimistiske spaadomme har kunnet henlægges til en saapas fjern fremtid at forestillingen om den ikke alvorlig har kunnet paavirke øieblikkets arbeider og planer.

Kvælstofproblemet derimot fremstillet sig for en menneskealder tilbake — ja tildels endog betydelig senere — som et virkelig aktuelt spørsmål, som uten yderligere ophold maatte opføres paa videnskapens og teknikkens arbeidsprogram.

Nu da dette spørsmål efter et kortvarig, men overordentlig omfattende og med hensyn til praktiske resultater imponerende arbeide, maa betegnes som endelig løst har det sin interesse at ta et overblik over sakens utvikling og nuværende stilling.

Menneskene har jo alle dager været i den mest umiddelbare berøring med det frie, gasformige kvælstof som utgjør rundt fiire femtedeler av den luft som vi alle indaander. Likevel var det først i 1774 det lykkedes den franske kemiker Lavoisier at adskille luftens to hovedbestanddeler surstoff og kvælstof og fremstille det som længe fremover blev anset for at være rent kvælstof. Først i slutten av det nittende aarhundrede fandt Rayleigh og Ramsay at dette atmosfæriske kvælstof ikke er helt rent, men opblandet med

smaa mængder av de »ædle« gasarter Argon, Helium, Neon, Krypton og Xenon.

Det gasformige kvælstof er meget passivt i kemisk henseende under de forhold som vanlig hersker i naturen. I aandedrætsprocessen indgaar det jo bare rent mekanisk uten at forandres eller optages av organismen. Heller ikke i de almindelige forbrændingsprocesser deltar kvælstoffet, det følger surstoffet gjennom ilden uten selv at undergaa nogen forandring.

Som fri gasart har kvælstoffet ogsaa en forholdsvis underordnet interesse. Desto større er den betydning som tilkommer det »bundne« kvælstof som bestanddel av en række uundværlige produkter, saavel organiske som uorganiske.

De viktigste uorganiske kvælstofforbindelser er *salpetersyre*, hvor kvælstoffet er bundet til surstof, og *ammoniak* hvor det er knyttet til vandstof. Disse to enkle forbindelser danner videre hver for sig med andre stoffer en lang række mere sammensatte produkter, som altsaa alle blir kvælstofholdige. Eftersom kvælstofindholdet i et slikt produkt kan tilbakeføres til salpetersyre eller ammoniak taler man om »salpetersyrekvælstof« eller »nitratkvælstof« paa den ene side og »ammoniakkvælstof« paa den anden side. Praktisk viktige kvælstofprodukter av disse typer er de fleste sprængstoffer og de viktigste av de kvælstofholdige gjødningsstoffer.

Gjødningsstoffene peker videre frem imot de rent organiske kvælstofforbindelser, idet de er at betragte som raastof for plantenes produktion av *eggehvitestoffer*. Disse, eggehvitestoffene, representerer den uten sammenligning viktigste form for kvælstof, idet de leverer byggemateriale for enhver levende organisme og desuten tjener som bærere av livs-spirene baade i dyre- og planteriket. Kvælstoffet kommer herved til at danne en av hovedpillene for al organisk livsutfoldelse, og gjennom ernæringen indgaar det som et av de viktigste led i saavel naturens som kulturens stofomsætning.

Mennesker og dyr trenger eggehvitelig føde til oppbygning og vedlikehold av legemet. I sidste instans stammer denne eggehvite fra plantene som bygger op disse meget sammensatte stoffer ved hjelp av enkle kvælstofforbindelser,

som den dyriske organisme ikke vilde være istand til at nyttiggjøre sig.

Plantene tar jo sine næringsemner dels fra luften — kulsyre og surstof — og dels gjennom røtterne fra jordbunden. Det frie atmosfæriske kvælstof kan ikke plantene utnytte direkte slik som de utnytter kulsyren, der optages av bladene under sollysets indvirkning. Men saa snart kvælstoffet er overført i enkle uorganiske forbindelser som salpetersyre og ammoniak, kan plantene ta fat og benytte disse som raastof for sin produktion av de mere sammensatte »organiske« kvælstofforbindelser.

Mens visse plantenæringsstoffer som kalk, kali og fosforsyre regelmæssig forekommer i bergarter og mineraler ved hvis forvitring der stadig tilføres jordbunden en viss mengde nyt næringsstof, er forholdet for kvælstoffets vedkommende et væsentlig andet. Kvælstof findes nemlig bare rent undtagelsesvis som bestanddel i mineraler og forsyningen kan derfor i sin almindelighet ikke dækkes paa samme maate som for de andre stoffer. Jordbundens kvælstof maa direkte eller indirekte komme fra atmosfærens forraad.

Man har paavist at der ved elektriske utladninger blir bundet en del av luftens kvælstof som salpetersyre, der saa med nedbøren vil komme jordbunden tilgode i en viss utstrækning. S v a n t e A r r h e n i u s har saaledes beregnet at ikke mindre end 400 mill. ton kvælstof bindes paa denne maate hvert aar. Tænker vi os dette jevnt fordelt over jordens overflate vil der komme $2\frac{1}{2}$ kg. pr. hektar. Imidlertid vil bare en del av dette virkelig kunne optages av jorden da mesteparten vaskes med av nedbøren og føres bort til havet.

Langt større rolle spiller det kvælstof som tilføres jordbunden ved formidling av *mikroorganismer*. Der synes jo nu snart sagt ikke at være det omraade av naturens — og forsaavidt ogsaa kulturens — husholdning hvor ikke en eller anden gruppe av mikroorganismer griper aktivt ind saavel til nedbrytning og spaltning som til opbygning. Ikke mindst har man lært at vurdere bakterievirksomhetens betydning for jordbundens stofomsætning, saaledes ogsaa for optagelsen og omdannelsen av kvælstof og kvælstofforbindelser.

Efter hvad der nu er kjendt, er der adskillige arter av

jordbakterier som griper aktivt ind i denne omsætning. Enkelte bygger op sammensatte kvælstofforbindelser av enklere, andre bryter ned de komplicerte organiske produkter som tilføres jorden med planterester og andet organisk avfald, mens atter andre synes at ha specialisert sig for omdannelse av én sort av kvælstofforbindelser til en anden, saaledes ammoniak til salpetersyre.

Av disse forskjellige virksomheter skal her bare betragtes den som direkte angaar fornyelsen av jordbundens kvælstofindhold fra atmosfærens forraad.

Først maa nævnes en gruppe bakterier som i humusrik jord under sin livsvirksomhet optar kvælstof fra luften og benytter dette til opbygning av eggehvitestoffer. Berthelot fandt ved direkte forsøk at der paa denne maate kunde optages indtil 32 kg. kvælstof pr. hektar aarlig. Senere har Remy paa grundlag av laboratorieforsøk beregnet en mulig kvælstofoptagelse av hele 48 kg. pr. ha. i en jordbund med 2 pct. humus, saafremt den saakaldte »Azotobakter« er tilstede i rikelig mængde. Man antar at det er denne slags bakterievirksomhet som bevirker at humusrik myrjord ofte ingen kvælstofgjødning trenger.

Man har søkt at benytte sig av dette forhold ved kunstig at pode jordbunden med kultur av slike bakterier, men hittil visstnok med litet held. Dette kommer antagelig derav at disse bakterier likesom andre organismer har sine bestemte krav til livet og derfor ikke kan trives og formere sig paa en hvilken som helst jordbund — og kanskje aller mindst der hvor man helst ønsket at ha dem. Et nærmere studium av disse bakteriers fordringer til livet i sin almindelighet, skulde dog maaske efterhvert gjøre det mulig vilkaarlig at forberede jordbunden med deres trivsel for øie, slik at de enten naturlig vil indfinde sig der eller ogsaa finde sig tilrette hvis de saaes ut kunstig.

Ved siden av de her nævnte finder man ogsaa en anden klasse mikro-organismer som er virksom i kvælstofomsættningens tjeneste. Det er de saakaldte *knoldebakterier*, hvis arbeide dog er helt og holdent knyttet til bestemte planteslag — belgvekstene — paa hvis røtter disse organismer slaar sig ned og fremkalder knoldeformige utvekster gjennom hvilke der finder sted en assimilation av luftens kvælstof. Forsøk

har vist at hverken belgvekstene eller knoldebakteriene hver for sig alene kan binde kvælstof, dette indtrær først naar de to parter slaar sig sammen i det nævnte *symbiose*forhold.

Under gunstige forhold kan visse belgvekster paa denne maate ikke bare dække sit eget kvælstofforbruk fra atmosfærens beholdning, de kan samtidig lagre op et meget betydelig overskud i jorden, som da kan nyttes av andre planteslag. Ved en rationel dyrkning av belgvekster angives det som mulig at samle op i jorden en kvælstofmængde av 220 kg. pr. ha. eller endog mere. Saaledes er det beregnet at man i Preussen i aar 1900 paa et belgvekstareal av ca. 600,000 ha. opnaadde en total kvælstoffassimilation av 120,000 ton. Til sammenligning kan nævnes at den kvælstofmængde som hele Tyskland i 1913 indførte i form av Chili-salpeter beløp sig til ca. 125,000 ton.

Hvor betydningsfuld end de nævnte naturlige former for kvælstoftilførsel er, mangler der dog meget paa at jordens behov paa denne maate kan dækkes paa steder hvor der drives intenst med korn, poteter og andre planter utenom belgvekstenes gruppe. Nu er jo det normale at en væsentlig del av de mineralske stoffer og likeledes kvælstof føres tilbake til jorden i form av naturlig gjødsel og andre avfallsprodukter. Teoretisk skulde det være mulig at opretholde jordens produktionsevne helt hvis alle avfallsstoffene igjen blev ført tilbake. Dette lar sig jo dog bare rent undtagelsesvis realisere, og hvor der gjennom utførsel av jordbruksvarer stadig bortføres en væsentlig del av de for plantene nødvendige næringsemner, vil der efterhvert maatte indstille sig en viss likevegstilstand, hvor jordens avkastning vil bestemmes av dens evne til ad naturlig vei at forsyne sit næringsindhold. Vil man øke avlingen utover dette kræves der en ekstra næringstilførsel — en øket naturlig eller kunstig gjødsling.

I løpet av det nittende aarhundrede indtraadte i Europa etterhaanden en forrykkelse av dette likevegstforhold. Det absolute behov for næringsmidler vokste ved den raske befolkningsøkning. Samtidig medførte forskyvningen i forholdet mellom land- og bybefolkning en større »spredning« av jordbruksproduktene. Stadig større mængder av avfallsstoffer med værdifuld plantenæring unddrages det naturlige kreds-

løp for gjennom stadig mere »fuldkomne« sanitære anlegg at tilføres storbyenes ustanselig voksende kloaksystemer. Det er derfor mere end et rent tilfeldig sammenstrøf naar behovet for de kunstige gjødningsstoffer — og fremfor alt da kvælstofgjødning — melder sig netop i storbyenes vekstperiode. Man har her for sig aarsak og virkning, hvad der tages med den ene haand maa gives igjen med den anden. Rigtignok er det saa at det økende behov for kornvarer og delvis ogsaa kjøt for en væsentlig del blev dækket ved import fra oversjøiske land hvis uthvilte præriejord sat inde med store næringsreserver og derfor til en tid kunde gi god avling uten kunstig næringstilførsel. Enkelte steder i Europa førte vel dette forhold endog til en direkte, midlertidig nedgang i dyrkningsintensiteten, men stort set var der dog en tydelig opgang.

Særlig fremtrædende var dette i Mellemeuropa hvor Tyskland ved en maalbevisst jordbrukspolitikk søkte at drive produktionen i veiret, hvad der ogsaa tydelig kommer tilsyne gjennom forbruket av Chilisalpeter som i 1860-arene fikk indpas i det tyske jordbruk, og hvis anvendelse vokste overordentlig hurtig like til verdenskrigens utbrud.

Samtidig med denne utvikling fandt der ogsaa steder en sterk stigning i behovet for kvælstofholdige produkter i industrien, fremforalt i sprængstoffabrikationen. Det alt overveiende antal av sprængstoffer like fra det gamle sortkrudt til dynamit og de moderne »sikkerhetssprængstoffer«, er kvælstofprodukter som kræver salpeter eller salpetersyre til sin fremstilling. Sammen med den industrielle opgang i det nittende århundrede fulgte en rask stigning i bergverksdrift, og samfærdselens utvikling var knyttet til nyanlegg og utvidelser av veier, tunneller, kanaler, havneanlegg m. v. som tilsammen krævet mengder av sprængstoffer som tidligere tider ikke kunde ha drømt om. I tillegg til dette fredelige behov kom ogsaa det som de voksende rustninger medførte.

For dækning av det stigende forbruk av kvælstof var man væsentlig henvist til to kilder.

Som den første av disse kilder kan man nævne kullene, som altid har et visst indhold av kvælstof. Naar kullene ophetes i lukkede retorter, som det sker ved fremstilling av lysgas og koks frigjøres kvælstoffet i form av ammoniak som

kan opsamles i vand, ammoniakvand, eller omsættes til andre forbindelser, hvorav særlig svovlsur ammoniak fremstilles i store mængder.

Siden slutten av det nittende aarhundrede har man i stadig stigende grad lagt an paa at nyttiggjøre kullenes kvælstof. Paa dette omraade har Tyskland gaat i spidsen, mens et land som De forenede Stater først under verdenskrigen blev vakt til virkelig forstaaelse av sakens betydning. Endnu i 1917 stod De forenede Stater langt tilbake for saavel Tyskland som England, trods sit enorme kulforbruk. I 1912 var verdensproduktionen av kvælstofprodukter fra kul, regnet som svovlsur ammoniak naadd op i ca. 1.3 mill. ton.

Den anden kvælstofkilde var *Chilisalpeter*, der anvendes saavel direkte som gjødningsstof som i industrien til fremstilling av salpetersyre, sprængstoffer og en række andre produkter. Chilisalpeter er salpetersurt natron (natriumnitrat); ogsaa for flere andre salpetersure salter brukes betegnelsen »salpeter« saaledes kali-, kalk- og ammonium-salpeter.

Da alle salpetersure salter er let opløselige i vand findes de bare undtagelsesvis opsamlet i større mængder i naturen. Smaa mængder vil der stadig dannes i jordbunden ved formidling av mikroorganismer, særlig hvor større mængder av organiske stoffer undergaar forraadning. Normalt vil jo de nitrater som dannes paa denne maate efterhvert brukes op av planter eller vaskes bort av regnet. Under særlige forhold kan der imidlertid samles op litt større mængder slik som man for eksempel kan se i stalder, fjøs og visse kjeldere, hvor man kan finde salpeter paa murene og i jorden under gulvene, og noget tilsvarende kan ogsaa forekomme ute i fri luft.

Indtil aapningen av Chilis salpeterleier var man henvist til at skaffe sig den nødvendige salpeter ved utlutning av jord i hvilken der paa den nævnte maate var opsamlet et salpeterforraad. I de større europæiske land som stadig maatte ha salpeter til krigsbruk, utviklet der sig etterhaanden en regulær »dyrkning« av salpeter i »*salpeterplantager*«, hvor man systematisk søkte at tilveiebringe de bedst mulige betingelser for salpeterdannelse i jorden. Slike plantager som særlig var høit utviklet i Frankrige, var i drift endnu i begyndelsen av det nittende aarhundrede.

I 1825 indtrær imidlertid et vendepunkt idet store leier av natronsalpeter da blev opdaget i Chile.

De chilenske salpeterleier, findes i det ørkenagtige strøk paa Kordillernes østskraaning, hvor der næsten aldrig falder regn. Salpetret forekommer her i et 180 kilometer langt bælte opblandet med forskjellige andre salter og jordagtige bestanddele i den saakaldte *Caliche*, hvis indhold av salpeter kan veksle fra ca. 15 til 65 procent. Angaaende dannelsen av disse mægtige avleiringer er der fremsat en række indbyrdes avvikende hypoteser, hvorav dog ingen enkelt hittil synes at by nogen tilfredsstillende løsning av problemet.

I senere tid er der ogsaa fundet salpeteravleiringer andre steder, saaledes i »Dødsdalen« i Kalifornien. Disse leier er dog ikke saa rike som de chilenske og dette er vistnok grunden til at der endnu ikke er kommet igang nogen større produktion.

Som nævnt ovenfor finder man heller ikke i Chili *rent* salpeter avleiret. Chalichen maa først brytes ut og dernæst sorteres og knuses, hvorefter salpeterindholdet lutes ut med varmt vand. Opløsningen som faaes paa denne maate maa videre klares for at befries for opslemmede jordagtige stoffer hvorefter salpeter krystalliseres ut ved avkjøling av oppløsningen. Alt i alt er det adskillig arbeide som skal til før det færdige salgsprodukt er fremstillet.

Angaaende den totale mængde salpeter som findes i de chilenske leier har der været gjort adskillige beregninger, med delvis sterkt avvikende resultater. I 1890 blev det f. eks. angit som sandsynlig at forraadet vilde være tømt allerede i 1930—1940. Efterhaanden som leiene blev bedre undersøkt kom man dog til gunstigere resultater slik at officielle chilenske opgaver fra 1908 anga at beholdningene kunde strække til ca. 1972. I den senere tid regner man i stadig større grad med utnyttelse ogsaa av de mere fattige dele av forekomstene som hittil er blit vraket, og man mener at herigjennem skulde totalforraadene kunne række længere end før antat.¹⁾

¹⁾ Efter officielle opgaver sommeren 1925 anslaaes den totale salpetermængde i leiene til ca. 1000 millioner ton, enkelte sakkyndige nævner endog det dobbelte av dette tal. Den samlede mængde som til da var utvundet var ca. 70 millioner ton. (Efter indberetning av generalkonsul J. Ræder, Valparaiso).

Hvordan det nu end forholder sig hermed, saa er det sikkert at man for 20 à 30 aar tilbage hadde det bestemte indtryk at det da »synlige« salpeterforraad ikke var av den størrelse at man kunde se fremtiden imøte med foldede hænder slik som forbruket fortsatte at øke.

Til belysning av forholdet kan anføres nogen talopgaver for utførelsen av salpeter fra Syd-Amerika (efter Dammer: Chem. Technologie der Neuzeit):

1840—44	aarsgjennemsnit	14 646 ton
1850—54	—»—	29 922 »
1860—64	—»—	65 407 »
1870—74	—»—	219 125 »
1880—84	—»—	444 185 »
1890—94	—»—	962 734 »
1900	—»—	1 460 099 »
1908	—»—	2 050 504 »
1913	—»—	2 850 000 »

Som det vil sees viser forbruket fordobling nogenlunde for hvert 10de a 12te aar og en fortsættelse efter samme skala vilde jo i løpet av en overskuelig tid føre frem til enorme forbrukstal.

For den anden store kvælstofkilde, kullene, kunde anstilles lignende betragtninger, selv om man her hadde litt større spillerum. Imidlertid maatte man regne med det forhold at kullene udelukkende gav ammoniak som ikke uten videre kunde erstatte salpeteret. Fremforalt gjaldt dette i den kemiske industri, hvor bl. a. hele sprængstoffabrikationen og i mindre grad ogsaa andre produksionsgrener, var absolut avhengig av salpeter og den derav fremstillede salpetersyre. I jordbruket kan de to arter av kvælstof rigtignok i stor utstrækning gjensidig erstatte hverandre, men de er likevel begge ønskelig for en rationel drift.

Paa bakgrund av de her antydede betragtninger var det at spørsmålet om kvælstofforsyningen i slutten av forrige aarhundrede efterhaanden forvandlet sig til et virkelig kvælstofproblem som trængte paa og fordret en løsning. De som saa mørkt paa situationen talte om en forestaaende »kvælstofhunger« med derav følgende fare for verdens matforsyning, og

selv om de som ikke tvilte paa en lykkelig løsning, var paa det rene med at man stod overfor et spørsmaal av umaadelig rækkevidde. Opgaven dreiet sig om intet mindre end at aapne adgangen til selve hovedreservoiret for kvælstof — atmosfæren — som hittil hadde været helt utilgjengelig for en vilkaarlig industriel utnyttelse.

Den berømte engelske kemiker *William Crookes* som i 1890-aarene beskjæftiget sig med disse spørsmaal karakteriserte den foreliggende opgave med følgende ord i sit verk »The Wheat Problem«: »Bindingen av det atmosfæriske kvælstof er en av de største opfindelser som nu ventes av den skarpsindige kemiker, og den er dobbelt viktig fordi mennesketens fremtidige lykke og velfærd vil avhænge av dens løsning«. Da Crookes uttalte disse alvorlige ord (vistnok i 1898) var det paa grundlag av indgaaende undersøkelser og hans dom maatte tiltrædes av innsigtsfulde mænd verden over.

Saalænge tilstanden ikke medførte synlige vanskeligheter for tilfredsstillelse av det løpende behov laa det dog i sakens natur at situationen ikke kunde gjøre det samme alvorlige indtrykk paa det store publikum.

Hovedsaken var imidlertid at opgaven blev tat op til en maalbevidst videnskabelig og teknisk behandling. Fra forskjellige utgangspunkter og ad forskjellige veier søkte man frem med det fælles maal at bryte en bresche gjennom den mur av kemisk passivitet bak hvilken atmosfærens kvælstof var forskanset.

Fremstøtet lykkedes, ikke bare ad en, men ad flere veier og kvælstofproblemet fikk sin praktiske løsning paa kortere tid end nogen hadde haapet.

Man kan idag skjelve mellem tre hovedprinsipper som er kommet til anvendelse ved »bindingen« av luftkvælstoffet.

Som det første falder det naturlig at nævne det som fikk sin praktiske utformning i vort eget land gjennom *Birkeland* og *Eydes* arbeider.

Som enhver nu vet gaar dette princip ut paa at ophete selve den atmosfæriske luft til en saa høi temperatur at kvælstoffet delvis forener sig med luftens surstoff til kvælstofoksyd — en

gulbrun giftig gas —, som i store risletaarn opløses i vand og herunder sammen med dette danner salpetersyre. Denne kan saa efter ønske overføres i andre forbindelser, hvorav de vigtigste er kalksalpeter (norgesalpeter) og natronsalpeter (kunstig chilisalpeter), som begge væsentlig anvendes i jordbruget, samt ammoniumnitrat, som i første række bruges i den kemiske industri (sprængstof). Det som overhodet muliggjorde denne proces var konstruktionen av den specielle elektromagnetiske lysbueovn i hvilken luften kan ophetes til en temperatur av et par tusen grader for derefter hurtig at avkjøles til ca. 1000° efter at ha passert den skiveformede elektriske flamme. Ved den høieste temperatur dannes kvælstofoksydet og den raske avkjøling maa til for at hindre oksydet i paany at spaltes, hvad der vilde indtræffe hvis den varme kvælstofholdige luft fik avkjøle sig *langsomt* til ned imot 1000 grader. Under 1000 grader er det dannede kvælstofoksyd bestandig. For hver kilowatt elektrisk energi som anvendes, kan ved denne proces fremstilles henimot 1 ton kalksalpeter aarlig. Det forstaaes herav at omkostningen til kraft maa spille en avgjørende rolle for produktets samlede produktionspris og dette forhold har ogsaa medført at fabrikationen har været innskrænket til steder hvor store vandkraftmængder har kunnet utbygges under særlig gunstige vilkaar. Ved siden av Birkeland og Eydes lysbueovn er senere av andre opfindere konstruert ovnstyper efter delvis avændrede principper uten at selve produktionsprocessens natur har undergaat nogen egentlig forandring.

Den alt overveiende del av de ved lysbueprocessen fremstillede kvælstofforbindelser produceres i Norge. I de sidste 8 aar har produktionen ikke vist nogen synderlig økning, og mange regner med at heller ikke nogen fremtidig økning kan ventes da nyere processer nu muliggjør en rationel binding av luftkvælstoffet med et langt lavere kraftforbruk end lysbueprocessen.

Selv om der er meget som taler for en slik slutning, er det vel endnu kanske vel tidlig at uttale nogen endelig dom. Saa meget kan man dog trygt si at en mulig vekst i tilfælde maa bygges paa tekniske fremskridt som kan reducere den nødvendige kraftmængde pr. ton produkt. Den umiddelbare

aarsak til det enorme kraftforbruk ligger deri at bare fra 1.5 til 2.5 pct. av den samlede luftmengde som passerer gjennom ovnen omdannes til kvælstofoksyder, mens resten blir som en dødvegt som sluker enorme varmemengder til ophetning — varmemengder som bare delvis lar sig gjenvinde med økonomisk fordel — og som videre maa slæpes med gjennom de efterfølgende avkjølings- og absorptions-prosesser.

Det andet hovedprincip for binding av luftkvælstoffet grunder sig paa visse faste stoffers evne til ved høi temperatur at opsuge gasformig kvælstof under dannelse av en fast, kvælstofholdig forbindelse. Den viktigste av disse forbindelser er *calciumcyanamid*, som for korthets skyld oftest kaldes bare »cyanamid«, i den senere tid brukes ogsaa meget betegnelsen »kalkkvælstof« idet produktets hovedbestanddeler er kalk og kvælstof. Cyanamidet eller kalkkvælstoffet fremstilles av calciumkarbid som ophetes i elektriske ovner til ca. 1000 grader under tilledning av gasformig, atmosfærisk kvælstof. Det færdige produkt indeholder 18 til 24 pct. kvælstof og anvendes i stor utstrækning direkte som gjødningsstof. Imidlertid har det visse ubehagelige egenskaper som motvirker en rask vekst i forbruket. Det pulveriserte cyanamid er saaledes ætsende da det indeholder fri kalk, og er derfor vanskelig at strø ut undtagen med maskine eller i blanding med andre stoffer. Desuten har det vist sig at cyanamid maa anvendes med større forsigtighet end de andre kunstige kvælstofgjødningsstoffer, da det under visse forhold kan virke skadelig paa plantene, dels ved en direkte ætsning foraarsaket av kalkindholdet og dels ved andre giftlignende virkninger. Bruken av cyanamid forutsetter derfor en viss kundskap om dens virkning under forskjellige forhold. Anvendt paa rette sted og tid har det dog vist sig at cyanamid er et udmerket gjødningsstof. Dets kvælstofindhold omdannes i jordbunden ved bakterievirksomhet til ammoniak som saa assimileres av plantene. Da denne proces tar tid, virker cyanamid langsommere end salpetergjødning som er let opløselig og umiddelbart tilgjengelig for plantene.

Særlig under verdenskrigen steg produksjonen av cyanamid meget hurtig, senere er den gaat adskillig tilbake; men cyanamidproduksjonen representerer likevel en kvælstof-

mængde som er omtrent det firedobbelte av hvad der utvindes ved lysbueprocessen.

En stor del av cyanamidproduksjonen brukes til fremstilling av andre kvælstofprodukter, hvorav først og fremst ammoniak, som dannes naar cyanamid behandles med vandamp under et visst tryk (ca. 6 atmosfærer). Ammoniakken forarbeides saa videre til de forskjelligeste produkter saasom ammoniakvand, ammoniumsulfat, ammoniumnitrat o. s. v.

Foruten cyanamid er der ogsaa en række andre stoffer i hvilke luftkvælstof kan bindes paa en analog maate, saaledes natriumcyanamid, aluminiumnitrid m. fl., men ingen av disse produkter fremstilles i saadanne mængder at de kan siges at spille nogen rolle for kvælstofforsyningen i sin store almindelighet.

I forbindelse med cyanamid kan det nævnes at der stadig arbeides for at finde metoder til omdannelse av dette produkt til andre stoffer som kan egne sig bedre for jordbruket. Interessen samler sig stadig mere om fremstillingen av slike stoffer som ved siden av at ha gode egenskaper som gjødningsstof ogsaa taaler lagring uten at tape noget av sin gjødningsværdi og uten at klumpe sig sammen. Forbrukeren ønsker et stof som ikke er ætsende og som paavirkes mindst mulig av fugtighet, slik at det holder sig løst og er let at strø ut. Eftersom bruken av de kunstige gjødningsstoffer vokser, stiger ogsaa interessen for de mere *konstrerte* produkter da disse muliggjør en billigere transport pr. enhet effektivt gjødningsstof end slike produkter som har en stor dødvegt av værdiløse, eller tildels endog skadelige tilblandinger.

Som et resultat av slike bestræbelser maa man se det naar der i den senere tid med interesse diskuteres muligheten av at anvende det høit konstrerte kvælstofprodukt *urinstof*, der har hele 46.6 pct. kvælstof, som gjødningsstof. Der angives at være utarbeidet en tilfredsstillende proces for fremstilling av dette produkt av cyanamid (Union Carbide Co. Niagara Falls) og omfattende gjødningsforsøk skal ha git meget gode resultater. Naar man er opmerksom paa hvilken rolle transportomkostningene spiller i et land med De forenede Staters utstrækning f. eks., er det ikke urimelig at bruken av et høit forædlet, og følgelig kostbarere produkt kan bli direkte økonomisk

fordelagtig inden store omraader (det hittil fabrikmæssig fremstillede urinstof angives at ha et kvælstofindhold av ca. 44 pct., mens man for cyanamid gjennemsnitlig kan regne med ca. 20 pct. kvælstof).

Endskjønt de i det foregaaende omtalte to metoder for luftkvælstoffets binding i og for sig betegner en løsning av «kvælstofproblemet» forsaavidt som der gjennem dem er tilveiebragt de tekniske midler for en praktisk talt ubegrænset kvælstofforsyning, er dog ikke utviklingen dermed tilendebragt.

Allerede idag er forholdet det at saavel lysbue- som cyanamidprocessene maa sies at være stillet i skyggen av en tredje og nyere metode, nemlig den *syntetiske ammoniakmetode*.

Hovedprincippet for den syntetiske ammoniakfremstilling bestaar i kemisk forening av gasformig vandstof og kvælstof, frembragt ved samtidig anvendelse av høi temperatur og fremfor alt meget høit tryk, og paaskyndet ved hjælp av en *katalysator*, d. e. et stof som paaskynder forløpet av en kemisk proces uten selv at forbrukes (bortset fra uundgaaelig svind).

En blanding av kvælstof og vandstof vil under vanlige forhold ikke vise nogensomhelst tilbøielighet til kemisk reaktion, selv ikke om den ophetes noksaa sterkt. Lar man imidlertid gasblandingen ved passelig høi temperatur stryke over en »kontaktmasse« indeholdende en katalysator som i dette tilfælde kan være jern, osmium, uran eller forskjellige andre stoffer, vil der dannes en viss mengde ammoniak. Hvor stor procentdel ammoniak som i et givet tilfælde kan opnaaes avhænger av gasblandingsens temperatur og tryk, som tilsammen bestemmer det *likevegtsforhold* som indstiller sig i blandingen mellem vandstof og kvælstof paa den ene side og deres forbindelse ammoniak paa den anden side. Katalysatoren har i og for sig ingen indflydelse paa likevegtsforholdet, men er bare bestemmende for *hvor hurtig* likevegten opnaaes. Dette sidste avhænger forøvrig ogsaa i høi grad av temperaturen idet enhver kemisk reaktion jo forløper hurtigere desto høiere temperaturen er. Ved den foreliggende reaktion maa man gaa op til en temperatur av 5 a 600 grader for at faa tilstrækkelig stor reaktionshastighet. Nu er imidlertid forholdet ved denne

reaktion slik at jo høiere temperaturen er des ugunstigere blir likevegtsforholdet.

Saaledes har det efter *Haber* og *Bernthsens* undersøkelser vist sig at ved vanlig atmosfæretryk kan der ved 500 grader opnaaes 0.13 pct. ammoniak i gasblandingen, mens ved 700 grader indholdet av ammoniak ikke kan overstige 0.021 pct. For at opnaa et gunstigere forhold maa anvendes høit tryk, ved 200 atmosfærers tryk f. eks. faaes ved 700 grader 4 pct. og ved 500 grader endog 18 pct. ammoniak.

Ved den første tekniske gjennomførelse av denne proces som skyldes den tyske professor *Haber* blev anvendt 200 atm. tryk og en temperatur av rundt 600 grader. Det sier sig selv at der var overordentlig store tekniske vanskeligheter ved gjennomførelse av en saadan proces i industriel maalestok; men det lykkes, og den første fabrikk kom i drift 1913 i Oppau i Tyskland. Ved krigens utbrud blev selvfølgelig denne produktion voldsomt stimulert og ved krigens slut leverte den syntetiske ammoniakfabrikation i Tyskland en kvælstofmængde svarende til hvad der før krigen blev importert i form av Chilisalpeter. Man kan trygt si at uten denne kvælstofkilde og det som cyanamidfabrikationen leverte vilde det for centralmagtene været umulig at føre en krig av de dimensioner og den varighet som verdenskrigen.

Utenom Tyskland var der ikke etablert nogen regulær produktion av syntetisk ammoniak før efter krigens slut, om end der blev ofret meget arbeide paa denne sak i de andre krigførende land, særlig i de sidste krigsjaar. Selv om de allierte disponerte praktisk talt hele Chilis salpeterproduktion og desuten hver for sig kunde producere store mængder av ammoniak fra kul, var der likevel behov for nye kvælstofkilder. I de Forenede Stater førte dette til overveielser som resulterte i bygning av vældige anlæg for produktion av kvælstofforbindelser over cyanamid som man ansaa for den hurtigste og sikreste maate, mens man samtidig forsøkte sig frem med et mere beskedent anlæg for syntetisk ammoniak. Ingen av disse anlæg, som tilsammen slukte vældige summer kom i regulær drift. Det største av dem, som skulde producere 110,000 ton ammoniumnitrat aarlig fra cyanamid har sammen med sit ufuldendte kraftanlæg ved *Mushle Shoals* senere

været gjenstand for endeløse offentlige diskussioner og dets fremtidige anvendelse er endnu uviss.

Siden krigens slut har der foregået en yderligere rask utvikling inden den syntetiske ammoniak-industri. Ved siden av den oprindelige Haber- eller Haber-Bosch-proces som den nu almindelig benævnes, er der utarbeidet en række, i forskjellige enkeltheter avvikende metoder, uten at det ovenfor beskrevne hovedprincip er undergået nogen forandring. De enkelte processer adskiller sig fra hverandre ved den maate hvorpaa raastoffene (vandstof og kvælstof) tilveiebringes, ved arten av de anvendte katalysatorer og kanskje først og fremst ved størrelsen av det under reaktionen anvendte gas-tryk. De viktigste nye processer er franskmænden Claude's og italieneren Casale's.

Haber-Bosch-processen arbeider som nævnt ved et tryk av 200 atm. Gasblandingen (en volumdel kvælstof og 3 volumdeler vandstof) fremstilles av vandgas og generatorgas av hvilken kuloksyd og kuldioksyd fjernes. Dette vil si det samme som at kvælstoffet tages fra luften, idet surstoffet fjernes ved forbrænding med kul (generatorgas), mens vandstoffet faaes fra vanddamp som ogsaa berøves sit surstof ved reaktion med glødende kul (vandgas).

Claude-processen anvender det enorme tryk av 900 à 1000 atm. Vandstoffet fremstilles her av koksovnsgas som bringes i flytende form og derefter underkastes fraktioneret destillation.

Casales proces anvender et tryk av 600—750 atm. og bruker vandstof fremstillet ved elektrisk spaltning av vand.

Efter en oversigt av J. M. Braham (i »Chemical & Metallurgical Eng.« Vol. 32, nr. 17) var der i 1925 anlæg for syntetisk ammoniak i 8 forskjellige land med en beregnet samlet produktion av 380,000 ton kvælstof, herav ikke mindre end 300,000 ton i Tyskland alene. Et enkelt av de tyske anlæg har alene en kapacitet som omregnet til Chilisalpetur tilsvarende ikke mindre end 1,280,000 ton pr. aar, mens verdensproduksjonen av syntetisk ammoniakkvælstof betydelig overstiger den samlede kvælstofmængde som nu faaes fra Chili. Efter samme forfatter hitsættes to grafiske fremstillinger, hvorav den ene viser hvorledes produksjonen for de

Verdensproduktion,
i ton „bundet“ kvælstof.

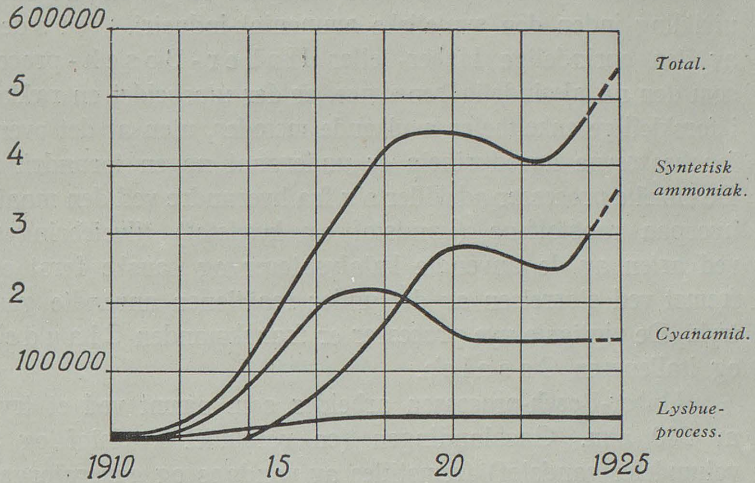


Fig. 1. Kvælstofindustriens udvikling fra 1910 til 1925.

Kilowattimer
pr. ton prod. kvælstof.

Total kraftmængde,
i kilowattår.

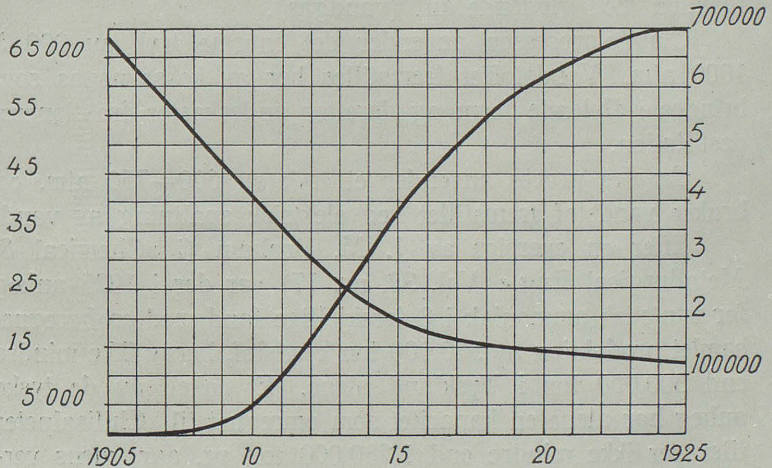


Fig. 2. Kraftforbrug i kvælstofindustrien fra 1905 til 1925.

enkelte luftkvælstof-processer har utviklet sig, mens den anden viser utviklingen av kraftforbruket inden de samme industrier. Videre gjengives en tabel som viser fordelingen av kraftforbruket for de enkelte processer, og endelig en angivelse av de vigtigste kvælstofprodukters procentiske kvælstofindhold.

	K.W.- timer pr. ton kvælstof	Antal samlet kilowatt 1925	Pct. av totalt kraftfor- bruk	Pct. av total pro- duktion
Lysbueproces	68 000	272 000	38.6	6.4
Cyanamid	15 000	231 000	32.8	24.5
Syntetisk ammoniak:				
1. Vandstof fra kul eller vandgas	4 000	167 000	23.8	66.4
2. Vandstof fra elektro- lyse av vand	20 000	34 000	4.8	2.7
		704 000		

Kvælstofindhold i forskjellige produkter.

Cyanamid	22.0 pct., vanlig handelsvare.
Urinstof	46.6 „ teoretisk indhold.
Ammonium sulfat	21.2 „ —
Ammonium fosfat	12.2 „ —
Ammonium nitrat	35.0 „ —
Ammonium klorid	26.2 „ —
Natrium nitrat	16.4 „ —
Kalcium nitrat (Norgesalpeter)	13.0 „ vanlig handelsvare.

Av kurvene vil sees at utviklingen har foregaat overmaade hurtig og at stigningen efter krigens slut alene skyldes ammoniak-syntesen, som med sit i forhold til de andre metoder lave kraftforbruk er langt mindre stedbundet end lysbue- og cyanamid-processene. Mens de to sidstnævnte i alt væsentlig arbeider med vandkraft, er ammoniak-processen hittil væsentlig basert paa varmekraft fra kul eller brunkul.

Av det nævnte vil det forstaaes at en stadig stigende procentdel av den samlede kvælstofforsyning fremstilles i form

av ammoniak, en del av denne ammoniak omdannes imidlertid i fabrikkene til salpetersyre som videre brukes til fremstilling av de forskjellige salpetersure salter. Omdannelsen foregaar derved at den gasformige ammoniak »forbrændes« med surstoff efter en av den kjendte tyske kemiker Wilhelm Ostwald utarbeidet metode. Det er herigjennem blitt mulig at gi kvælstofindustrien set som helhet, en større elasticitet og tilpasningsevne end tilfældet hadde været om en slik bro over fra den ene gruppe av produkter til den anden hadde manglet.

Tar vi saa tilslut et overblik over kvælstofspørsmålet som det tar sig ut idag i store træk, saa vil vi finde at der i løpet av de sidste ti aar er foregaat en fuldstændig omvæltning, med det resultat at de forskjellige sorter av luftkvælstofprodukter helt har distancert de mere »naturlige« kvælstofkilder som Chilisalpeter og ammoniak fra kul. Forholdstallet mellem de enkelte kilder skulde (efter J. M. Braham) i 1925 stille sig omtrent saaledes: Luftkvælstof utgjorde ca. 44 pct., Chilisalpeter ca. 30 pct. og ammoniak fra kul ca. 26 pct. Tallene siger tydelig nok at Chilisalpeterets gamle monopolstilling er helt og holdent forbi, spørsmålet er ikke længere om de »kunstige« produkter kan konkurrere med det naturlige, snarere omvendt. Man kan i ethvert fald allerede tydelig merke hvorledes spørsmålet om forbedrede, mere økonomiske driftsmaater for den chilenske salpeterindustri har trængt sig frem som en naturlig følge av de sidste aars utvikling. Hittil har Chili kunnet dække opimot halvdel av sine statsutgifter ved avgifter paa salpeterindustrien og det er derfor et livsspørsmaal for landet at kunne opretholde en lønsom drift av leiene. Løsningen maa efter alt at dømme komme ved en gradvis, men gjennomgripende forandring av de anvendte tekniske metoder. Og der er vel neppe tvil om at hvis det lykkes at erstatte de gamle, mere eller mindre primitive arbeidsmaater med en teknik av samme fuldkommenhetsgrad som den der er gjennomført i luftkvælstofindustrien, saa vil den chilenske industri endnu kunne faa en lang blomstringstid.

Tapes-niveauet og geologisk tidsregning.

Av P. A. Øyen.

Der er naturligvis i et saa utstrakt land som vort, med saa mange forskjelligartede forhold i forskjellige landsdele saavel paa land som paa sjø, ogsaa mange ulikheter at finde i opbygningen av de jordlag der danner undergrunden for skog og dyrkede marker. Men tiltrods for disse ulikheter er der ogsaa saavidt mange likheter at vi gjennom en utstrakt søken kan finde frem til nogen mere almindelige træk der saa tjener til at binde sammen de ofte tildels meget spredte enkelt-fænomener.

Det er mange aar nu siden jeg i Trondhjems Videnskaps-selskaps skrifter beskrev en østersbanke fra Næsvandskanalen mellem Aasen og Ronglan stationer. Dette sted ligger i en høide av 60 m. o. h., men den nævnte skjælførende avsætning tilhører en terrasse der i omgivelsene gik op til en høide av ca. 69 m. o. h. og ved gjennomskjæring viste det sig at denne terrasse var opbygget av tre forskjellige lag:

Øverst laa *østers-ler*.

I midten en *strandsnegle-banke*.

Og underst var *blaaskjæl-ler*.

Nogen tilfældighet er det sikkerlig ikke at vi her netop staar likeoverfor en opbygning av *østersterrassen* netop paa samme maate, som jeg ogsaa har beskrevet den fra Oslo- eller Akers-dalen i meget nær tilsvarende høide, nemlig 69.5 m. o. h.

Det underste lag, *blaaskjæl-leret*, skulde da være et noget dypere vands avsætning fra *kniplingskjællets* tid, altsaa fra en varm, atlantisk og forholdsvis regnfuld tid da allerede den vakre vestbritiske middelhavsform, *kniplingeskjællet*, der nu ikke længere findes levende ved vor kyst, allerede var indvandret og til og med var naadd helt til de indre fjordegne hos os.

Det midterste lag, *strandsnegle-banken*, skulde da være en avsætning fra *traugskjællets* og de kuldskjære *lovtræers* indvandringstid, en *kontinental* tid med varme somre men kanskje tildels kjølige indlandsvintre selv ut mot kysten, hvor strand-

faunaens levevis tildels antyder vinterislagte fjorder endog litt langt ute.

Det øverste lag, *østersleret*, representerer en avsætning paa et lunt sted omtrent samtidig med selve terrassens utformningstid. Denne svarer da sikkert nok temmelig nøie til *teppe-skjællets* tid, den som nu ogsaa meget populært er kjendt under navn av *Tapes-tiden*, og denne terrasse er temmelig utbredt saaledes som jeg har vist ved mine fund av *Tapes*, en varmtelskende havmusling, netop i denne terrassehoide paa en række steder i Oslofjordens omgivelser. Merkelig nok er den i Trøndelagen endnu ikke fundet hverken »død eller levende«, skjønt andre former som den lever sammen med er fundet ogsaa flere steder inden dette omraade.

Til denne *Tapes-tid* knytter sig ogsaa en anden ret betydelig interesse. Det var til denne det paa Jæren allerede sommeren 1900 lykkedes mig ogsaa for vort lands vedkommende at henføre den saakaldte *skivespalter-tid*, en egen gruppe inden de danske kjøkkenmøddingers række. Likeledes lykkedes det mig samme sommer i skaldyngen ved Kvernevik at fremfinde rester saavel av vildsvinet (*Sus scrofa ferus*) som av geirfuglen (*Alca impennis*) saaledes som Herluf Winge og professor Brinkmann har paavist ved at granske de samlinger av ben som jeg ved hin anledning medbragte fra dette sted. Saavel av vildsvinet som av geirfuglen er saaledes dette de første fund i vort land.

Med hensyn til denne skaldynges geologiske stilling skal jeg kun henvise til min avhandling: »Tapes-niveauet paa Jæderen undersøgt sommeren 1900«. Og jeg skal ikke ved denne anledning gaa ind paa nogen kritisk behandling av de indvendinger som i en række forskjellige avhandlinger har været gjort mot mine undersøkelser paa Jæren da jeg nu saasnt trykkeplads erholdes har til hensigt at offentliggjøre en række fossilfund og profilundersøkelser som bekræfter de resultater jeg hin sommer kom til.

Derimot vil vi se litt paa de tre ovennævnte niveauers geologiske plads og stilling i det sydøstlige Norges kvartærgeologiske utvikling.

Helt til jeg sommeren 1901—03 gjorde mit *Tapes-fund* ved Ullern og fremla de derved vundne resultater i Oslo

Videnskapsakademi 10de mars 1905 saa var det i den skandinaviske kvartærforskning helt almindelig antat at de saakaldte øverste *Tapes-banker* ved Oslo laa 45 m. o. h. Ved mine ovennævnte undersøkelser blev saa denne grænse for *Tapes-niveauet* flyttet op til 69.5 m. o. h., ikke mindre end 55 pct. i forhold til det tidligere antagne. Det er altsaa ikke rigtig, som det til sine tider har været gjort, at betragte det nyvundne resultat som kun en ubetydelig forandring av det tidligere antagne.

Til 55 pct. er ikke en ubetydelig forandring.

Og denne ret betydelige forandring i niveauets høidelighet maatte nødvendigvis i ret betydelig grad forandre den tidligere anskuelse av forholdene.

Men der var andre forhold som ogsaa viste sig at være helt anderledes end tidligere antat. Man antok f. eks. at det saakaldte »*Isocardia-ler*« var en samtidig avsætning med de øverste *Tapes-banker* i 45 m. o. h. Men nu viste det sig at *Tapes-niveauets* banke 69.5 m. o. h. ved Ullern hvilte paa, altsaa overlirede *Isocardia-førende ler*, der altsaa som et dypere vands avsætning maatte være samtidig med en høiere liggende strandlinje. Og imellem *Tapes-banken* og *Isocardia-leret* hadde man i omtrent halvanden meters dybde en flere decimeter mægtig avsætning av forvitningsgrus med skarpkantede og tildels litt avrundede næve-hovedstore stener, og derunder kom saa leravleiringen.

Profilen blir saaledes i sin helhet:

3 dm. mørk graabrun muld.

2 dm. grovt forvitningsgrus med enkelte skjælrester,

3 dm. graabrun strandsand, forholdsvis rigt *Tapes-fauna-førende*, med *Tapes decussatus*.

Vekslende strandgrus med fragmenter av østersskaller.

Graat forvitningsgrus, 3—5 dm.

Ler med *Isocardia cor*, ikke gjennomgravet, men hviler rimeligvis paa *Littorina-niveauets* leravsætninger eller dypere vands avleiringer da disse stikker frem i dagen længer nede i dalen.

Tydningen av dette profil kan kun være en, nemlig den samme som ovenfor blev git for østersbanken i Næsvands-

kanalen. Imidlertid er der en ikke uvæsentlig forskjjel, nemlig at det fossilfri, mellemliggende forvitningsgruslag ved Ullern, svarende til strandsnegle-avdelingen ved Næsvandskanalen, kan gi rum for den tanke at der muligens har fundet sted en mindre niveauoscillation i Oslo-dalen.

Med dette profil for øie var det derfor igrunnen ikke noget særdeles overraskende at jeg flere aar senere (kfr. Naturen 1916, side 233—234) lykkedes at faa tak i *Isocardia cor* fra *Pholas-niveauets* terrasse ved Breivold eller Alnabru teglverk, her i en høide av ca. 90 m. o. h., men tilhørende den samme *Pholas-niveauets* terrasse som ved Grorud station stiger til ca. 140 m. o. h. og hvori jeg her i fuld samklang med det foregaaende har fundet *Pholas candida* selv foruten en række andre til samme selskap hørende arter.

Denne *Pholas-niveauets* terrasse har det lykkedes mig praktisk talt ubruddt at følge langt indover landet langs den gamle fjords bredder, de nuværende vakre Mjøsbredder og opover helt forbi Lillehammer saaledes som jeg har fremstillet det i »Jordbunden paa Hedmark« som nu snart er færdigtrykt i »Hedmarks Historie«.

Det blir mig derfor helt uforklarlig hvorledes der for et tidspunkt der skal repræsentere omtrent midten av *boreal* tid, altsaa *traugskjællets* eller *Mactra-niveauets*, kan trækkes op en isbedækning over det centrale Norge helt fra Røstvangen gruber i nord til Tangen station paa Hedemarken i syd saaledes som gjort i »Ymer«, 1925, tavle II, side 8. Det er virkelig at trække altfor store veksler paa en norsk geologs godtroenhet.

Det aarstal der staar angit for dette tidspunkt paa nævnte kart kan vi jo her sætte helt ut av betragtning, ti det er jo blot og bart en antagelse at de varv hvortil tidsangivelsen er støttet kan betragtes som aarsvarv. Endnu er ialfald intet-somhelst bevis herfor levert paa den norske side av »Kjølen«. At de avleiringer vi hos os møter mellem Moss og Tangen skulde være avsat i løpet av »1074« aar klinger idetmindste i høi grad katastrofistisk.

Vi kan jo tænke det litt igjennem, selv om der paa norsk side av grænsen endnu ikke er ført et eneste objektivt aare-

maalstal i marken. Selv ikke av de fremste beundrere av »den svenska tidskalan« som det staar paa nævnte sted i »Ymer«.

Først har vi jo den store Mosse-ra-oscillation med dens mange forskjelligartede avsætninger av grus, sand og ler. Og hvad der kanskje slaar os endnu mere: med det meget forskjelligartede dyrelivs rester som vi i en ubrudt, lang utviklingssuite følger gjennom dette ler fra nederst nede til øverst oppe, da strandlinjen her, saavidt vi kan inducere den, laa ca. 200 meter høiere end nu. Hvor lang denne tid er, det vet vi ikke, men den maa ialfald være rummelig efter vore tidsbegreper, hvis vi skal søke nogen støtte i de almindelig anerkjendte Lyell'ske grundsætninger.

Saa kommer alle de forskjellige avleiringer som jeg har henført til Sørengperiodens to forskjellige avdelinger. Dyrelivets utvikling, geografisk og hydrografisk set, under disse maa ogsaa ha krævet en rummelig tid.

Saa kommer Aas-stadiets to forskjellige trin-avsætninger, dels glaciale og fluvioglaciale og dels glaciomarine. Det er ialfald to glaciale oscillationer der i tidsvarighet ikke kan sammenstilles med dem vi historisk kjender til, selv om vi ikke vet det aaremaal som er medgaat for dem.

Saa kommer Sveneng-periodens forskjelligartede, tildels rikt fossilførende avleiringer, der er fulgt særlig gjennom den østlige del av Oslo-dalen. Igjen en geografisk og hydrobiologisk utvikling der har krævet en rummelig tid, hvilket ikke mindst vises ved de talrike indesluttede, rikt fossilførende lerbrudstykker i det næste stadiale avsnits skuvrander.

Disse representerer da det i Oslo- og Akersdalen saa dominerende Aker-stadiums to hovedtrin: Nydalstrinnet og Maridals-trinnet, med høist interessante saavel glaciale og fluvioglaciale som ogsaa glaciomarine fossilførende avsætninger. Utviklingen er saa mangeartet og mangesidig at tidsvarigheten heller ikke her kan sammenstilles med de glaciale oscillationer vi historisk kjender til.

Saa kommer Bentse-periodens avsætninger der paa lignende maate som Svenengperiodens maa ha krævet tid.

Saa har man Romerik-stadiet, der med sine to utprægede trin ved Skedsmo og Berger paa lignende maate som Aker-stadiet forudsætter en forholdsvis rummelig tid maalt i aar.

Saa kommer det merkelige og meget omstridte *Mytilus-niveau*, der trods striden og trods motsigelsene allikevel ligger der med sine vakre og tydelige terrasser over store strækninger, saaledes som jeg nu sidst har skildret det i »Hedmarks Historie«. Det ligger der i Akers-dalen, ikke 215 m. o. h. som av den svenske kartograf bestemt, men 221,8 m. o. h. der hvor jeg i 1902 bestemte selve grænsen ved fossilfund, og senere har faat en kartograf under min vejledning til at utføre en kartoptagning i meget stor maalestok, et kart som jeg desværre endnu ikke har kunnet opdrive midler til at offentliggjøre. Men selv denne rikt fossilførende, 7—8 meter mægtige avsætning i Skaadalen maa med sine henimot 400 veksellag ha trængt en rummelig tid til sin dannelse. Men hvad der kanske her allikevel slaar os mest er, at der i dette mylder av fossilindivider endnu ikke er fremfundet et eneste skal av *arktisk* formtype, men kun *tempererte* biologiske typer — det gjælder planter og det gjælder dyr. Blaaskjællat er større end det Ossian Sars angir for vort lands arktiske fauna. Jeg husker saa godt fra studiedagene hvorledes det blev doceret: arktisk fauna langs brækanten da havet stod høiest.

Dette har de mange fossilfund i *Mytilus-niveauets* avsætninger ialfald omstyrtet. Og tiden for denne faunas geografiske utbredelse og hydrobiologiske utvikling maa ha trængt lang tid.

Saa kommer det endnu mere omstridte *Portlandia-niveau* i Oslodalen med *Yoldia arctica* selv og videre indover landet med de talrike fund paa Romerike, i Høland, i Glommensdraget næsten til Elverum hvorfra jeg hadde samlet den allerede i 1899, men først kunde fremlægge den fra Romeriksletten 1903, ikke i nogen »forkrympt«, men vistnok i en relativt liten 14—15 mm. lang form, der dog ikke staar saa særdeles langt tilbake for Ratidens type som man ofte ser fremholdt, naar vi erindrer at den selv der som regel ikke gaar over 20—21 mm. Og inden dette niveau træffer vi saa paa Romerike »Norges største terrasse«. Denne leravsætnings

mægtighet naar paa sine steder henimot femti meter, kanske mere paa sine steder i de ukjendte dyp. Man har her mange varv paa *en* mm. og *to* mm. og 3—4 mm., mange steder er det 1—2 cm., og atter andre steder kan det være *en* dm. eller *to*. Meget sjelden mere. Jeg har ofte sagt, at kanske kunde man ta *en* cm. som middel, kanske kunde man ta *to*. Vi vet det ikke saa nøie. Ialfald kommer vi til et ret betydelig aaremaal, selv om vi gik ut fra at det var aarsvarv, hvad vi som ovenfor nævnt ingenlunde vet.

Paa denne tid stod havet, saaledes som jeg for en lang aarrække siden har klarlagt det, omtrent 210 meter høiere end nu inden denne trakt. Og fra *Portlandia-niveauets* store skuvrandetrin, Hauersæterlinjen og Minnelinjen, der begge er avsat under fremtrædende oscillationer av brækanten, trækker saa denne sig efterhaanden videre mot nord, og som jeg har git en fremstilling av i »Hedmarks Historie« tar det endnu en rummelig tid førend brækanten gjennem gjentagne oscillationer har naadd saa langt mot nord som til den merkværdige »svenske« brækantlinje ved Tangen station. Havet staar fremdeles ca. 210 meter høiere end nu. I 1915 uttaltes i Sveriges geologiska undersøknings publikationer at dette tidspunkt laa 5800 f. Kr., men i 1924 sies i de samme publikationer at det ligger 6800 f. Kr. saa tidspunktet synes ikke selv med den »exakte« varv-tælling at være saa ganske sikkert bestemt, ti om vi tar middel av de to oppgivne størrelser og beregner den procentvise forskjjel, saa beløper ialfald denne sig til ikke mindre end ca. 16 pct. som i denne forbindelse ikke er nogen helt ubetydelig størrelse.

Men i de forutgaaende 1074 aar skulde de altsaa være foregaaat alle de gjennomgripende og dog helt lovmæssige forandringer som vi nu ovenfor har fulgt fra Mosse-raet til Tangen station.

Vi har der gjennomgaaat saa mange store forandringer som hver for sig trængte rummelige tidsmaal at vi kan ikke uten at ta katastrofistiske hjelpemidler i bruk faa dem indpresset hverken paa *et* tusindaar eller paa noget dette tilnærmet aaremaal. Var jeg latiner, kunde jeg her bruke en bekjendt latinsk sætning, men som nordmand kan jeg si like saa tørt som Jo Gjende: »Ja, igaarkvell va dæ ikkje«.

I fjorden her med en strandlinje 210 m. o. h. vet vi nu at der paa fjordbunden vrirlet av *Yoldia arctica* og dens selskap. Men landet steg, og da strandlinjen som vi igjen har fulgt forbi Lillehammer i nord laa 175—178 m. o. h. vet vi at vore strandkanter karakteriseres ved forekomst som nu av strandsneglen, *Littorina littorea*. Og da strandlinjen laa 145 m. o. h. vet vi ifølge det foregaaende at *kniplingeskjallet* karakteriserte faunaen i omegnen av Oslo. Og endnu skal vi gaa omtrent midt ind i den følgende, *Mactra-niveaues* tid, hvis strandlinje ved Oslo ligger ca. 95 m. o. h. før vi staar ved et tidspunkt som i den »svenske tidskala« ogsaa betegnes ved aastallet 6800 f. Kr. Eller med andre ord til at avsætte de mægtige grus-, sand- og leravleiringer i disse tre niveauer, til at frembringe de betydelige biologiske forandringer fra *Yoldia arctica* til *Pholas candida* og til at forandre strandlinjens stilling fra 210 m. o. h. til 95 m. o. h. trænges ingen tid.

Det er det vi kalder en katastrofe.

En saadan katastrofe kunde naturligvis foregaa, men ikke uten at efterlate merker. Og disse finder vi ikke i Oslofjorden og dens forlængelse Mjøsfjorden. Tvertimot finder vi og har fulgt en helt lovmæssig forandring. Og den tid som er medgaat til denne maa vi nok regne i aartusinder, hvor mange vet vi ikke. Og vi maa da indtil videre la os nøie med en relativ tidsbestemmelse som i den historiske geologi forøvrig. Det vil bli den palæontologiske traad vi har at følge, utbredelsen og utviklingen av planter og dyr og mennesket med. Vi kommer ikke forbi det.

Man kan nok ogsaa paa forskjellig anden vis drive undersøkelser over de løse jordlag, ikke at forglemme tælling og maaling av skikter i grus og sand og ler, ja man kan til og med kartlægge dem. Men det maa man holde sig klart for øie, at det man paa den maate faar istand uten at være ledet av de organiske indeslutningers rester, i sin almindelighet vil være av teknisk art og betydning, men ikke av historisk-geologisk. Saadan er det med hensyn til det faste fjeld, og de løse jordlag danner i saa henseende ingen undtagelse naar det gjælder at bestemme de forskjellige lags geologiske stilling og alder.

Naar jeg færdes ute i skog og mark eller sitter ved mit skrivebord beskjeftiget med disse ting, saa gjenkalder jeg ofte i erindringen en ekskursion som jeg 20de juli 1916 gjorde sammen med statsgeologen L. v. Post rundt i Oslo-dalen. Vi begyndte ved Universitetsuret som gennem aarenes løp saa ofte har været utgangspunktet for mine ekskursioner med studenterne og fremmede geologer. Fra *Ostrea-niveauets* her utprægede grundvandsterrasse vandret vi saa op til Stensbergsgatens *Trivia-terrasse* og gik saa igjen ned paa *Ostrea-terrasen* ved Skøien. Derfra gik vi over *Macra-niveauets* leravsætninger op til Mærradalens *Tapes-banke*, og klatret videre delvis igjennem Mærradalskløften, gjorde nogen streiftog over *Pholas-niveauets* leravsætninger omkring Holmen og Smedstad og kom endelig op paa *Littorina-niveauets* terrasse ved Graakammen. Saa reiste vi direkte op til *Mytilus-niveauets* marine grænse i Skaadalen og vandret derfra ned paa *Portlandia-niveauets* terrasse sammesteds. Diskussionen var livlig.

Og den velfortjente to—tre timers middagshvile som vi derefter tok paa Holmenkollen blev likesaa flittig utnyttet. Ti jeg var ubeskeden nok til at krydseksaminere min gjest og til at anmode ham om at tegne paa et kart forbindelsen mellem resultatet av de svenske undersøkelser paa dette omraade og det som vi hadde set paa dagens ekskursion. Dette kart er det mig endnu en glæde at opbevare, og de mange fortvilede alternative forsøk som von Post her vistnok i bedste vilje med utstrakt kjendskap til de svenske forhold gjorde har jeg senere ofte trukket frem naar der har været forsøkt at bygge bro over den dype kløft mellem svensk og min opfatning av de kvartære utviklingslinjer paa den skandinaviske halvø og da spesielt for vort lands vedkommende. Von Post var ikke istand til at bygge en saadan bro dengang og heller ikke i senere skrivelser som jeg har faat fra ham. Väner-problemene, som jo grænser nok saa nær til vort land har nær sagt bestandig dukket frem, og det er i den forbindelse av noksaa stor interesse at læse von Posts aapne bekjendelse i desemberheftet av Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar for 1925, altsaa nyeste nyt, at det her paa den svenske side eventuelt kan komme til at dreie sig kun om »svårkontrollerade, mer eller mindre subjektiva hypoteser«.

I mine Universitetsforelæsninger høstsemestret 1925 utviklet jeg hvorledes der med utgangspunkt i det banebrytende og epokegjørende arbeide som er levert av Amund Helland, Axel Blytt, Michael og Ossian Sars fra norsk side vanskelig kan leveres materiale for noget kompromis i saa henseende, da de nævnte forskeres arbeide har været av saa grundlæggende betydning og har levert en saa fast underbygning at man for vort lands vedkommende vil ha vanskelig for at komme det forbi.

Man kommer som jeg ovenfor nævnte tilbake til opgavens tekniske og geologiske side. Vi maa lære os til at forstaa at begge har de sin berettigelse idet arbeidet til begge sider har et fælles formaal, nemlig at utvide vort kjendskap til de øvre, de løse deler av jordskorpen, og til de kræfter som i dette tilfælde gjør sig gjældende. Men vi maa ogsaa lære os til at forstaa at det tekniske arbeide og det geologiske har hver sin maate at arbeide paa og om formaalet er det samme er det endelige maal forskjellig. Geologisk gjælder det at indordne fænomenet under den generelle naturfilosofiske erkjendelse.

Nye bøger og avhandlinger.

Til redaktionen er indsendt:

Kükenthal, W.: Handbuch der Zoologie. Herausgegeben von dr. Thilo Krumbach. Dritter Band. Zweite Lieferung. (Tardigrada. Pentastomida. Myzostomida. Arthropoda: Allgemeines. Crustacea. Arachnoidea). S. 129—272. Berlin und Leipzig 1926. (Walter de Gruyter & Co.).

Beretning til landbrugsministeriet fra Den danske biologiske station. XXXII (1926) ved C. G. Joh. Petersen, dr. phil. & jur. & sc., direktør. 35 s. 4to. Kjøbenhavn 1926. (I kommission hos G. E. C. Gad).

Norsk Geologisk Tidsskrift, utgit av Norsk Geologisk Forening. Bind VIII. Hefte 4. (S. 235—328). Oslo 1926. (A. W. Brøgers Boktrykkeri A/S).

Schjelderup-Ebbe, Thorleif: Der Kontrast auf dem Gebiete des Licht- und Farbensinnes. Erster Teil. 60 s., 8vo. Sonderdruck aus den Neuen Psychologischen Studien, herausgegeben von Felix Krüeger. (C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, München).

Handbuch der Zoologie. Gegründet von Dr. Willy Kükenthal, herausgegeben von Dr. Thilo Krumbach. Vierter Band. Progoneata, Chilopoda, Insecta. Erste Lieferung. Bogen 1 bis 8. Ausgegeben am 25. Mai 1926. Berlin und Leipzig 1926. (Walter de Gruyter & Co.).

Fra
Lederen av de norske jordskjælvsundersøkelser.

Jeg tillater mig herved at rette en indtrængende anmodning til det interesserte publikum om at indsende beretninger om fremtidige norske jordskjælv. Det gjælder særlig at faa rede paa, naar jordskjælvet indtraf, hvorledes bevægelsen var, hvilke virkninger den havde, i hvilken retning den forplantet sig, og hvorledes det ledsagende lydfølgen var. Enhver oplysning er imidlertid av værd, hvor ufuldstændig den end kan være. Fuldstændige spørgsmaalstister til udfyldning sendes gratis ved henvendelse til Bergens Museums jordskjælvsstation, hvortil de udfyldte spørgsmaalstister ogsaa bedes sendt.

Bergens Museums jordskjælvsstation i mars 1926.

Carl Fred. Kolderup.

Nedbøriagttagelser i Norge,

aargang XXVI, 1920, er utkommet i kommission hos H. Aschehoug & Co., utgit av Det Norske Meteorologiske Institut. Pris kr. 6.00. (H. O. 10739).

Dansk Kennelklub.

Aarskontingent 12 Kr. med Organ *Tidsskriftet Hunden* frit tilsendt.

Tidsskriftet Hunden.

Abonnem. alene 6 Kr. aarl.; Kundgjørelser opt. til billig Takst. Prøvehefte frit.
Dansk Hundestambog. Aarlig Udstilling.

Stormgade 25. Aaben fra 10—2. Tlf. Byen 3475. København B.

Dansk ornithologisk Forenings Tidsskrift,

redigeret af Docent ved Københavns Universitet R. H. Stamm (Hovmarksvej 26, Charlottenlund), udkommer aarligt med 4 illustrerede Hefter. Tidsskriftet koster pr. Aargang 8 Kr. + Porto og faas ved Henvendelse til Fuldmægtig J. Späth, Niels-Hemmingsens Gade 24, København, K.