



NATUREN

**ILLUSTRERT MÅNEDSSKRIFT FOR
POPULÆR NATURVIDENSKAP**

utgitt 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. 11—12

55de årgang - 1931

Novbr.—Desbr.

INNHOOLD

OLAF DEVIK: Da Faraday for hundre år siden la grunnlaget for elektroteknikken	321
O. KROGNES: Magnetiske stormer	329
A. SALMONY: Teknikk og forbrytelse	354
K. F. WASSERFALL: Er langsiktige værsådommer mulig?	360
K. O. BJØRLYKKE: Om Norges jordsmonn	370
SMASTYKKER: B. J. Birkeland: Temperatur og nedbør i Norge	384

Pris 10 kr. pr. år fritt tilsendt

Kommisjonær
John Grieg
Bergen

Pris 10 kr. pr. år fritt tilsendt

Kommisjonær
P. Haase & Søn
Kjøbenhavn



NATUREN

begynner med januar 1932 sin 56de årgang (6te rekkes 6te årgang) og har således nådd en alder som intet annet populært naturvidenskapelig tidsskrift i de nordiske land.

NATUREN

bringer hver måned et rikt og *allsidig lesestoff*, hentet fra alle naturvidenskabens fagområder. De fleste artikler er rikt illustrert. Tidsskriftet vil til enhver tid søke å holde sin lesekrets underrettet om *naturvidenskapenes viktigste fremskritt* og vil dessuten efter evne bidra til å utbre en større kunnskap om og en bedre forståelse av *vårt fedrelands rike og avvekslende natur*.

NATUREN

har til fremme av sin oppgave sikret sig bistand av *tallrike ansette medarbeidere* i de forskjellige deler av landet og bringer dessuten jevnlig oversettelser og bearbeidelser efter de beste utenlandske kilder.

NATUREN

har i en rekke av år, som en anerkjennelse av sitt almenntilgitt formål, mottatt et årlig statsbidrag som for dette budgettår er bevilget med kr. 1000.

NATUREN

burde kunne få en ennu langt større utbredelse, enn det hittil har hatt. Der kreves *ingen særlige naturvidenskapelige forkunnskaper* for å kunne lese dets artikler med fullt utbytte. *Statsunderstøttede folkebiblioteker og skoleboksamlinger får tidsskriftet for under halv pris (kr. 4.00 årlig, fritt tilsendt)*. Ethvert bibliotek, selv det minste, burde kunne avse dette beløp til naturvidenskapelig lesestoff.

NATUREN

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

Da Faraday for hundre år siden la grunnlaget for elektroteknikken.

Av Olaf Devik.

I år er det hundre år siden Michael Faraday gjorde sine berømte undersøkelser over induksjon av elektriske strømmer og, som han kalte det, »utviklingen av elektrisitet fra magnetisme«. For å sette hans undersøkelser i det rette perspektiv, vil vi først gi en liten oversikt over hvad man før Faraday visste om elektrisitet og magnetisme.

Mens andre grener av fysikken gikk raskt frem i løpet av det 17de og 18de århundre, f. eks. mekanikken, lydlæren, lyslæren og varmelæren, så gikk det til å begynne med svært langsomt med elektrisiteten og magnetismen. Det skyldtes åpenbart den ting at vi ikke har noe særskilt sanseorgan for elektrisitet eller magnetisme, vi kan kun få rede på dem ved deres virkninger, og et mere inngående studium blev først mulig efter hvert som man lærte å konstruere apparater, både til å frembringe elektrisitet og til å måle dens virkninger. Det var ikke som f. eks. ved *lyden*, hvor vi i vårt øre har et vidunderlig følsomt og høit utviklet organ.

Oldtiden kjente til at når man gned et ravstykke, så tiltrakk det lette småting, de kjente til naturlige magneter og hadde iakttatt St. Elms ild. Men det skulde gå henimot to tusen år før man blev på det rene med at disse ting hadde noe med hverandre å gjøre og at lynet er en elektrisk gnist i stor stil.

Den første som mere systematisk begynte å undersøke elektrisiteten som man får ved gnidning, var dronning Elisabeths livlæge William Gilbert (1540—1603), som

forøvrig også var den første som var klar over at jorden er en stor magnet. Han laget sogar en modell av jorden, en kuleformet magnet, en terrella, og undersøkte hvordan en liten magnetnål innstillet sig på de forskjellige steder av jordmodellen. Men det var allikevel bare de aller første begynnelse Gilbert gjorde, og i mere enn et helt århundre blev praktisk talt ingen nye kjensgjerninger opdaget. Man hadde lært å kjenne den elektriske tiltrekning og frastøtning. Man hadde sett små elektriske gnister eller en svak lysning fra gnidde gjenstander, hørt svake smell og kjent svake støt. Men alt dette var bare i liten skala, for man kjente ingen annen måte å lage elektrisitet på enn gnidning, og man visste ingenting om forskjellen mellem de forskjellige stoffer f. eks. med hensyn til å lede elektrisiteten. Vi skal ikke undres så meget over dette, at det gikk så famlende og sent med undersøkelsene. Tenk f. eks. hvilke vanskeligheter som måtte overvinnnes, hvis en *døv* mann fikk til opgave å finne lovene for lyden, når han ikke visste noget om hvad der før var undersøkt og ikke fikk lov til å bruke andre hjelpemidler enn de han selv laget sig. Omtrent på samme måte stod det syttende og attende århundres fysikere overfor elektrisiteten. Og derfor ser vi gang på gang, at tilfeldige sammentreff blir av stor betydning; men samtidig ser vi også hvordan disse tilfeldige sammentreff ikke får lov å forsvinne i tilfeldigheten igjen, men gripes av fysikerne. På den måte føres fysikerne stadig videre, de får sikrere og sikrere grunn under føtterne, og til slutt kan de storme inn i det nyopdagede land, som de gjorde i det tyvende århundre.

Det er så instruktivt å stanse litt ved disse sprangvise fremrykninger, at vi skal nevne litt om et par av dem før vi går over til Faraday.

I den første halvdel av 17-hundretallet var man begynt å lage elektriser-*maskiner* for gnidning, så forsøkene kunde utføres i større stil. La oss et øieblikk sette oss tilbake til år 1746 til det fysikalske kabinet i *Leyden*, hvor Pieter van *Musshenbroeck* var professor i fysikk og matematikk. Med sin nye elektrisermaskin kunde han trekke tommelange gnister, men hvordan skulde han bære sig ad med å op-

bevare elektrisiteten? Den forsvant jo bestandig efter hvert, somme tider fortere og somme tider langsommere, lengst holdt den sig når været var tørt. Mon ikke vann som gjøres elektrisk, vilde holde bedre på elektrisiteten, hvis det var i et kar som ikke ledet elektrisiteten, tenkte Musshenbroeck. Men da han gjorde forsøket, gav det ikke bedre resultat med vann i en flaske enn med vann i en skål. Men så var det en interessert amatør, som pleiet å hjelpe Musshenbroeck, som kom til å gjenta forsøket, med den rent tilfeldige forandring at han tok vannflasken i hånden, mens vannet i den blev opladet med en metalltråd som berørte elektriser-maskinen. Da han så fjernet flasken fra elektriser-maskinen og skulde ta tråden av flasken, fikk han et voldsomt elektrisk støt. Musshenbroeck gjentok eksperimentet og skrev til Reaumur i Paris at han hadde gjort et fryktelig eksperiment, som han ikke vilde gjøre om igjen om han så fikk Frankrikes krone. Slik blev flasken fra Leyden, Leydnerflasken, opfunnet, den elektriske *kondensator*. Den var forresten et par måneder i forveien, også rent tilfeldig, blitt opfunnet av tyskeren v. Kleist, som egentlig burde hatt æren av oppfinnelsen. Oppfinnelsen av Leydnerflasken, som snart blev betydelig forbedret, betød frem for alt at fysikerne nu kunde arbeide med større elektrisitetmengder, og nye erobringer blir gjort i stadig raskere tempo. I elektroskopet og i torsjonsvekten fikk man midler til å måle kraftvirkningene, og i slutten av 17-hundretallet (1785—89) kunde den franske fysiker *Coulomb* påvise at kraftvirkningen mellom elektriske ladninger, som var i ro, fulgte en lov av samme enkle type som tyngdeloven, som Newton hadde funnet næsten nøiaktig 100 år tidligere. Coulombs undersøkelser, som den dag idag kan stå som et mønster på omhyggelige og eksakte arbeider, var sluttstenen på 16-hundretallets og 17-hundretallets forsøk på å finne lovene for elektrisitet i ro, og selv om der senere blev trukket meget viktige slutninger av Coulombs lover, så skulde det gå næsten et helt århundre før man, like op under vår egen tid, kunde trenge dypere inn i det spørsmål hvad elektrisitetens natur er, frem for alt i forhold til stoffet. Men før tiden var blitt

moden til det, hadde fysikerne måttet undersøke et nytt veldig felt, nemlig den elektriske strøm og dens egenskaper. Også her skyldtes de første grunnleggende kjensgjerninger tilfeldige treff, men det gikk som når en sneball løsner et sneskred.

I sin bok »Fysikkens historie« forteller Poggendorf følgende om Galvanis opdagelse: Aloisius Galvani, professor i anatomi og fødselshjelp ved universitetet i Bologna, skulde på grunn av et rent tilfeldig treff komme til å åpne nye områder for videnskapen (1791). Hans kone var brystsvak og lægene hadde anbefalt henne å drikke buljong kokt på friske froskelår. Galvani pleiet, dels av omsorg for sin kone, dels vel også av vane som anatom, å flå froskelårene selv. En dag, da de flådde froskelår lå på bordet, vilde tilfellet at hans assistent satte spissen av dissekerkniven mot lårnerven, og samtidig var der en annen som uten nogen særlig hensikt stod og dreiet på en elektrisermaskin og trakk gnister. Øieblikkelig gjorde froskelårene kraftige krampetrekninger. Det var fru Galvani som gjorde sin mann opmerksom på denne merkverdige opførsel av froskelårene, og Galvani tok med stor iver fatt på å undersøke saken, så meget mere som han trodde det var en egen slags dyrisk elektrisitet. Det var forresten ikke så rart, for nettop på de tider hadde man vært meget optatt med å studere de elektriske fisker («Den elektriske rokke»). For å se om elektrisiteten i luften ved tordenvær hadde samme innflytelse som en elektrisermaskin, anbragte Galvani froskelårene i fri luft og fikk ganske riktig fenomenet frem når det lynte. Og nu kom det annet tilfældige sammentreff: For å kunne iakttå froskelårene, hadde Galvani bundet dem til jernrekkverket på sin balkong med en trådstump, festet til en metalltråd, som gikk gjennom den nedre del av froskens ryggnerve. En dag han var trett av å vente på å få frem rykningene, kom han av vanvare til å trykke metalltråden mot jernrekkverket, mens froskelårets nedre del samtidig berørte jernet; og nu kom der atter et rykk. Galvani kunde snart konstatere at det ikke hadde noe med tordenvær å gjøre, og at det fremkom hver gang froskens nerver blev forbundet med to

forskjellige metaller som berørte hverandre. I virkeligheten var det to slags fenomener som her optrådte sammen: det var dels et elektrisk element som vi nu kaller det, som blev dannet av metallene og saltopløsningen i froskelårets vev, og dels var det den fysiologiske virkning på nervene av strømmen fra dette element. Det blev *Volta*, og ikke *Galvani*, som førte *Galvanis* eksperimenter videre, og han opdaget snart at elektrisitetskilden ved *Galvanis* forsøk var å søke hos de to metaller, og ikke hos frosken. Med »*Voltas* søiile«, som den kaltes, blev det første batteri av elektriske elementer laget. Og dermed hadde man fått det første effektive hjelpemiddel til å studere den *elektriske strøm*. Og nu kommer nye opdagelser i stadig raskere rekkefølge. *Davy*, som disponerte over et stort batteri på 2000 elementer, laget den første elektriske lysbue i 1812, og utførte forskjellige elektrolyser med smeltede metallsalter, så han fremstillet en rekke metaller på elektrisk vei for første gang.

Det neste grunleggende fremstøt kom i 1820, da den danske fysiker *Ørsted* opdaget at den elektriske strøm over en kraft på en magnetnål, den skaper omkring ledningen et magnetisk kraftfelt, som vi nu sier. Dermed var det første bindeledd mellom elektrisitet og magnetisme funnet. Og nu kan man si at den systematiske periode i elektrisitetens historie innledes. *Ørsteds* opdagelse vakte overordentlig stor interesse, sikkert fordi datidens fysikere mere eller mindre ubestemt ventet at en eller annen forbindelse mellom elektrisitet og magnetisme skulde vise sig. Franskmennene især kastet sig over det nye arbeidsfelt, og blandt dem er særlig *Ampère* å nevne, hvis innsats er blitt belønnet derved at hans navn er blitt brukt til navn på enheten for strømstyrke, likesom *Voltas* blev benyttet til enheten for spenning. *Ampères* undersøkelser var både eksperimentelle og teoretiske, særlig interessant var hans teori om at magnetene i virkeligheten var magnetiske fordi der i molekylene var indre elektriske strømmer. *Ampère* laget den første spole, og det varte ikke lenge før den første elektromagnet blev laget, det var i 1822, at *Arago* og *Gay Lussac* laget den. Det lyktes også å konstruere de

første virkelig følsomme instrumenter til å måle elektriske strømmer med: Galvanometrene. De blev et uvurderlig hjelpemiddel ved den eksakte undersøkelse av den elektriske strøms egenskaper. I 1825 finner tyskeren Ohm sin berømte lov for sammenhengen mellom spenning, strømstyrke og det vi kaller for motstand.

Men rent ut en Aladdins lampe blir de nye hjelpemidler i hånden på den geniale eksperimentator Faraday. Etter Ørstedes opdagelse blev der i 1820-årene en ren kappestrid mellom Faraday og Ampère. Faraday var 16 år yngre enn Ampère, født i 1791, ikke fysiker av utdannelse, men like genial på eksperimentalfysikkens område som Newton hadde vært det på den teoretiske fysikkens og mekanikkens område. I 1831, 24de november, fremla han i Videnskapsselskapet i London en avhandling på 40 sider, som bragte det neste nye fremstøt. Og denne gang er det ført med en sikkerhet og en intuitiv evne til å gjennomskue og klarlegge sakenes sammenheng, som gjør det til en fornøielse å lese Faradays egen beretning den dag idag. Før han går over til å beskrive selve forsøkene, hvorav en del siden har gått igjen i alle lærebøker i fysikk, gir han nogen korte innledende bemerkninger. Han nevner først nogen få ting, som før var kjent, som viste en særegen forbindelse mellom magnetisme og elektrisitet. Således Aragos eksperiment med kobberskiven, som blev dreiet rundt og da virket på en magnetnål som stod over den, slik at denne også efter hvert kom i rotasjon. Så sier Faraday i sin innledning:

»Enten Ampères vakre teori antas, eller en annen, så vilde det være ytterst merkelig om elektriske ledere som utsettes for magnetiske krefter, ikke skulde få elektriske strømmer induert i sig, eller en dermed jevnbyrdig virkning, siden jo enhver elektrisk strøm ledsages av en tilsvarende styrke av en magnetisk virkning, som danner rett vinkel med strømmen

Disse overveielser, med sin konsekvens: håpet om å erholde elektrisitet av almindelig magnetisme, har stimulert mig gjentagne ganger til å undersøke eksperimentelt den in-

duserende virkning av elektriske strømmer. Jeg er nettop kommet til positive resultater. Og ikke bare fikk jeg mitt håp oppfylt, men jeg fant en nøkkel, som jeg tror gir den fulle forklaring på Aragos eksperiment, og likeså til å avdekke en ny slags tilstand, som sannsynligvis kan få stor innflytelse på nogen av de aller viktigste virkninger av de elektriske strømmer.«

De hjelpemidler som stod til Faradays rådighet var følgende: Et par elektriske batterier på henholdsvis ca. 20 volt og ca. 120 volt og som strømmåleinstrumenter hadde han galvanometre av måtelig følsomhet. Dessuten hadde han magneter og elektromagneter til rådighet. Som en liten parentes kan vi nevne at isolert, omspunnen tråd hadde man den gang ikke, Faraday laget f. eks. sine strømspoler på den måten at han viklet kobbertråd op på en trecylinder, sammen med en sytråd. Ovenpå det første lag la han så et stykke bomuldslerret, og så viklet han det neste lag på den samme måten, og slik gikk det lag for lag.

Først behandler han induksjon ved hjelp av en elektrisk strømspiral i ledninger som var forbundet med galvanometret, men ikke inneholdt noget batteri. Han fant da snart at der blev indusert strømmer bare når batteristrømmen blev satt på eller brutt i strømspiralen. Han sier bl. a. herom:

»De resultater som jeg på denne tid også hadde fått med magneter førte mig til å tro at batteristrømmen i virkeligheten ikke induserte en lignende strøm i den andre tråden, men at denne fortsatte bare for et øieblikk, og mere hadde naturen av den elektriske bølge som vilde ha gått igjennem ved utladningen fra en almindelig Leydnerflaske enn karakteren av den elektriske strøm fra et Voltas batteri. Og derfor kunde det meget vel hende at den kunde magnetisere en stålnål, selv om den ikke merkbart påvirket et galvanometer.

Denne forventning blev stadfestet. For satte man istedetfor galvanometret inn en liten hul spiral, vundet op på et glassrør, og la inn i den en stålnål, sluttet strømmen gjennom den induserende spiral og så fjernet nålen før strømmen blev brutt, så viste det sig at nålen var magnetisert.

Hvis batterikontakten først blev sluttet, derpå en umagnetisk nål ført inn i spiralen, og så batteristrømmen brutt, så viste nålen sig å være omtrent like sterkt magnetisert som før, men nu med poler av motsatt slags«.

Jeg tok med dette som en liten prøve på hvor systematisk Faraday gikk frem, og hvor hans intuisjon ledet ham på riktig vei. Det samme arbeide inneholder en fullstendig gjennempøvning av andre måter å frembringe induserte strømmer på. Siden strømspiraler virket induserende når strømmen blev brutt eller satt på, så lå det for Faraday nær å slutte at når strømspiraler også virker utad som magneter, så vilde en *forandring* av en magnets styrke også måtte gi induserte strømmer i ledninger i nærheten. Det viste sig ganske riktig. Enten magnetens styrke blev forandret, eller magneten blev flyttet i forhold til ledningen, i alle tilfeller blev der induserte strømmer *sålenge forandringen varte*. Overordentlig klart viste Faraday at den store mengde tilsynelatende forskjellige forsøk kunde innordnes under et ganske enkelt synspunkt: Den induserte strøm skyldes i alle tilfeller forandring av det *magnetiske felt* hvor ledningen befinner sig. Enten det nu skyldes det at feltet forandrer sin styrke, eller at ledningen beveger sig tvers på feltet, eller begge deler, så blir resultatet det samme: Der induseres en elektrisk strøm sålenge forandringen står på. Faraday var klar over at denne nye opdagelse inneholdt store muligheter. Og om den enn ikke viste sig å være praktisk, så laget han dog den første og enkleste dynamo som nogen gang er gjort: Kobberhjulet som blev dreiet rundt mellem polene på en magnet, mens strømmen blev tatt ut med børster på akslen og på kanten av hjulet.

Men det var ikke nok med hans eksperimentelle nyvinninger. Han skapte også om tankeformene, begrepene, forståelsen av sammenhengen mellom elektrisitet og magnetisme og samspillet med stoffene. Det var Faraday som innførte begrepet *kraftfelt* og kraftlinjer. Og det er sikkert ingen tvil om at den anskuelige måte han derved kunde fremstille de nye kjensgjerninger på, har vært av overordentlig stor betydning. Det har sin andel i at Faradays opdagelser av den

elektromagnetiske induksjon blev grunnlaget for hele den elektrotekniske utvikling som vi siden har sett som vårt århundres tekniske eventyr. Og ennå mere har det betydd for den spesielle forskningslinje som preges av navnene Maxwell og Hertz, og som har gitt oss radioteknikken. Det vilde ta mange artikler for å gi bare et lite innblikk i hvad Faraday på en rekke andre grunnleggende områder av fysikken har utrettet. Men hans undersøkelser over induksjon er så anskuelige, og de betegner i en så utpreget grad innledningen til en ny epoke i elektrisitetsforskningens historie, at det kan forsvares at man tar den spesielt for sig. Og sett i sammenheng med hvad der før var opnådd får vi også et inntrykk av hvordan en forskningsgren som må arbeides frem uten støtte av nogen spesiell sans, passerer frem: Først gjennem famling og tilfeldige fremrykninger, men så efterhvert sikrere og sikrere, inntil grunnlaget for en systematisk fremgang blir vunnet ved de geniale innsatser, som ikke er tilfeldige.

Magnetiske stormer.¹⁾

Av O. Krogness.

For 13 år siden hadde jeg den ære og glede ved Bergens Museum å redegjøre for et arbeide vi hadde optatt på Halddeobservatoriet. Jeg påpekte ved den anledning et eiddommelig samspill som vi mente å ha funnet mellem geofysiske og kosmisk fysiske fenomener. Jeg fant å burde fremheve ønskeligheten av at disse undersøkelser blev ført videre på en bredere basis ved samarbeide mellem institusjonene nordpå og sydpå, og jeg tillot mig også å rette en ærbødig appell til Bergens Museum om å støtte dette arbeide ved også å skaffe husly for en egen avdeling for jordmagnetisme og kosmisk fysikk ved siden av de beslektede geofysiske disipliner.

1) Tiltredelsesforelesning 4. desember 1928, Bergens Museum.

Når nu idag dette ønske er blitt opfylt, når den kosmiske fysikk har fått sitt hjemsted i det nye geofysiske institutt, hvor alt på en enestående måte er lagt til rette også for det fremtidige samarbeide mellom geofysikk og kosmisk fysikk, føler jeg ved denne leilighet en trang til å uttale min takk likeoverfor Bergens Museums menn og de Bergens borgere som har arbeidet denne sak igjennem, for den vektige støtte som herved er ydet dette arbeide og min største anerkjennelse for den generøse og storslagne måte på hvilken man har manifestert sin interesse for og forståelse av videnskapens betydning og behov.

Når jeg her iaften skulde velge et tema, falt det mig naturlig å bli stående ved det eiendommelige fenomen som har fått navn av magnetiske stormer, da disse danner et viktig, kanskje det viktigste bindeledd mellom de fenomener i geofysikk og kosmisk fysikk som jeg nettop har hentydet til.

Efter hvad historien beretter kan kjenskapet til jordmagnetiske krefter føres tilbake til en fjern oldtid. Den videnskapelige utforskning av jordmagnetismen er dog av forholdsvis yngre datum. Den blev så å si grunnlagt samtidig med vårt universitet. Det var nettop et av de store problemer vårt nye universitet ved sin opprettelse optok, under professor Hansteens ledelse, og Hansteen selv leverte i 1819 sitt store klassiske verk »Untersuchungen über den Magnetismus der Erde«. Han offentliggjør her hvad han hadde samlet av eldre og egne observasjoner og oppbygger på grunnlag herav og på grunnlag av teoretiske betraktninger den første utførlige og videnskapelig begrunnede teori for jordmagnetismen og dens variasjoner.

Det var et overordentlig verdifullt og dyktig arbeide Hansteen nedla på dette felt, det vakte betydelig opsikt i den videnskapelige verden, og det foranlediget spesielt G a u s s til å interessere sig for saken.

Disse to menn, Hansteen og Gauss, er det som har grunnlagt den klassiske jordmagnetiske videnskap, og så uttømmende og godt er dette gjort at eftertiden ikke har kunnet tilføie noget vesentlig nytt når det gjelder den terrestriske

side av saken, de teoretiske og praktiske metoder til å utforske vår klode som permanent magnet.

Helt anderledes ligger imidlertid saken når det gjelder den kosmiske side ved fenomenene. Der ante også de gamle forskere at der skjulte sig mange betydningsfulle fenomener, men de savnet de fornødne betingelser til å kunne tyde naturens sprog. Det er interessant idag å lese litt herom i Hantsteens forord til sitt store verk av 1819. Det må være mig tillatt å citere litt av dette. Han sier:

»I siste hovedavsnitt har jeg fremsatt en del kanskje for dristige hypoteser, hvis matematiske gehalt dog senere kan prøves og derfor ingen skade skulde forårsake. Sandheten er, som T r e s c h o w har sagt: En edelsten som ligger i slammet på bunnen av en brønn. Uten at brønnen blir tømt vil den vanskelig kunne finnes. — — —

Forbindelsen mellom nordlys og de magnetiske krefter på jorden er så klar at ingen, som har tilstrekkelig kjenskap til begge fenomener, kan benekte dens realitet. — — — Alle lysfenomener i nordlyset lar sig meget enkelt forklare som en følge av den magnetiske frastøtning. — — —

Europas matematikere har siden Keplers og Newtons dager utelukkende rettet sitt blikk utad mot himmelen for å følge de fineste detaljer i planetenes bevegelser, og deres gjensidige innvirkning på hverandre. Det var ønskelig om de nu en tid fremover vilde rette sitt blikk innover mot jordens centrum, ti også der er mange merkverdigheter å skue. Jorden selv taler med magnetnålens stumme sprog om bevegelser i dennes indre, og formådde vi å tyde nordlysets flammeskrift, vilde dette ikke være mindre lærerikt for oss. Meteorologiens forbindelse med polarlys, følgerig også med de magnetiske krefter, springer i øinene.

Hvis de mektige nasjoners regjeringer vilde forene sig å la omfattende undersøkelser sette igang og matematikerne vilde bearbeide disse, da vilde man sannsynligvis om nogen decenniener kunne underkaste de magnetiske fenomener en like sikker beregning som himmellegemenes bevegelse.«

Det er eiendommelig i våre dager å lese disse linjer. Det viser oss en betydelig mann der i entusiasme fornemmer

den kostelige skatt som skjules i brønnens dyp, men som savner forutsetninger for å finne frem til den, og derfor farer vild.

Et århundre og vel så det er gått siden, et århundre hvor videnskapen med eventyrlig fart har brutt nytt land. Skanse for skanse er stormet, og efterhvert er også nøklen til forståelsen av de problemer som Hansteen stoppet op ved, blitt gitt. Skritt for skritt er man da også nådd videre, slik at jeg mener vi idag må kunne si: Vi tror vi øiner den rette sammenheng.

Så lenge de gamle betraktet jorden som en permanent, fast, uforanderlig magnet, var de på nogenlunde sikker grunn, den faste jordmagnets felt kunde måles og målingene tydes på forståelig vis. Vanskelighetene meldte sig først når man skulde forsøke å tyde dette felts variasjoner.

Av disse variasjoner knytter en særlig interesse sig til de såkalte magnetiske stormer, og det var disse jeg her spesielt skulde komme en del nærmere inn på.

For å kunne gi et inntrykk av hvad en magnetisk storm egentlig vil si, kan jeg henvise til fig. 1.

På lignende vis som man grafisk kan få optegnet lufttrykket på en barograf, kan man også få optegnet de jordmagnetiske krefter grafisk. Lufttrykket kan få en viser til å bevege sig frem og tilbake, og dennes bevegelser kan optegnes, registreres. De jordmagnetiske krefter kan få små ophengte magneter til å bevege sig, og disse bevegelser kan vi også få optegnet på lignende vis. Da kreftene her er meget små, benyttes sedvanligvis fotografiske metoder. Nogen kurver av denne art er gjengitt i fig. 1. De magnetiske kurver er her merket med M.

Den ene kurve optegner de magnetiske krefter i retning nord—syd, den annen den øst-vestlige komponent, den tredje den vertikale komponent.

Hvis intet annet enn et konstant jordmagnetisk felt hadde virket, vilde kurvene ha vært parallelle rette streker. De utslag man får, skyldes andre magnetiske felter som dannes. Hver kurve representerer et døgn.

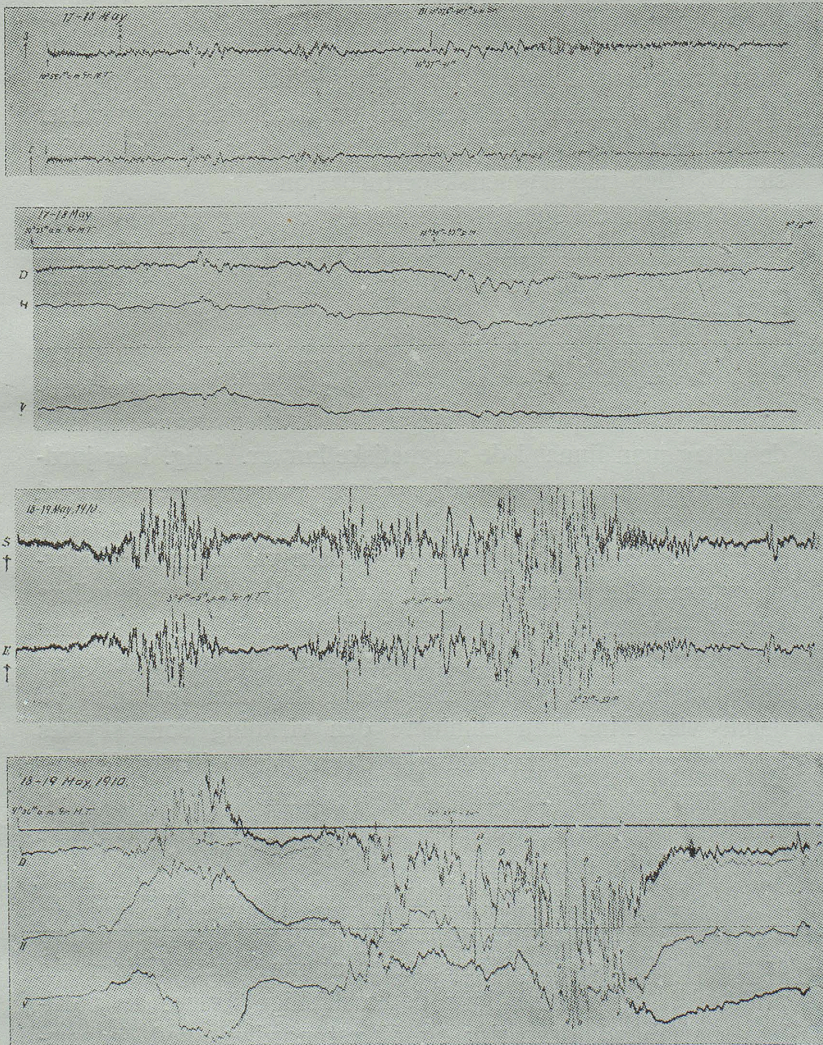


Fig. 1. Magnetiske kurver (M), og jordstrømskurver (J).

På det øverste sett kurver som er forholdsvis rolige, kan vi se en langsom daglig variasjon — denne har sin bestemte årsak, som vi ikke her skal berøre — men oppe på denne langsomt varierende kurve superponeres virkninger av andre større magnetiske krefter der hurtig skifter i styrke og retning. Det fenomen som frembringer disse siste forstyrrelser i de magnetiske elementer, er det man kaller en »magnetisk storm«, eller en »magnetisk perturbasjon«.

Det som da spesielt interesserer oss her er: »av hvad slags natur er disse magnetiske stormer, hvordan virker de, hvad betydning kan man tillegge dem og hvad er årsaken til deres dannelse«?

Undersøker man hvad der under en slik magnetisk storm foregår i jorden, viser det sig at der optrer elektriske jordstrømmer som opviser en meget stor overensstemmelse med de utslag man finner i de magnetiske kurver. I fig. 1 er jordstrømskurvene betegnet med J. Overensstemmelsen er så god at man kunde bli fristet til å tro at det var disse jordstrømmer som frembragte de magnetiske variasjoner. Undersøker man det nøiere — man kan se det direkte av disse kurver — viser det sig at en stor del av de utslag man finner i de magnetiske kurver faktisk også er en direkte virkning av disse jordstrømmer, men ikke alle utslag kan forklares på denne vis. Man kan eliminere den virkning som skyldes jordstrømmen og det viser sig da at man tilbake får utslag som nu har en langt roligere karakter enn før, men som fremdeles er av betydelig størrelse. Alt kan altså ikke henføres til jordstrømmene.

Kaster man et blick på himmelen vil man, hvis man er nær nordlysbeltet og det er mørkt og klart, se at det nettop er under slike magnetiske stormer at nordlyset utfolder sin prakt. Vi kan sammenligne de forskjellige former av nordlys, buer, bånd, draperier og diffust nordlys, med de samtidige utslagene i de magnetiske kurver og studere om en eller annen forbindelse kan spores.

Det viser sig da at der er en meget intim sammenheng. Hver enkel nordlysform har så å si sin karakteristiske virkning på det jordmagnetiske felt.

Er der nordlys på himmelen, vil man alltid kunne spore en variasjon i de magnetiske elementer som det naturlig kan settes i forbindelse med.

Går man sydover, forsvinner snart nordlyset, mens man fremdeles har magnetiske forstyrrelser og jordstrømmer som er nøie knyttet til de nordlysfenomener som man der ikke kan se.

Birkeland har i sitt store og grunnleggende verk *The Norwegian Aurora Polaris Expedition 1902—1903* for første gang systematisk studert de magnetiske felters egenskaper under magnetiske stormer over hele jorden.

I fig. 2 ser man hvorledes en såkalt »polarstorm« virker, utslagene i de magnetiske kurver avtar raskt når man fjerner sig fra nordlysbeltet, men over hele jorden kan man spore virkninger av stormen, fenomenet er ikke et lokalt jordisk fenomen, det er kosmiske krefter og strømsystemer som her driver sitt spill. Vi ser at feltet varierer sterkest nettop i vårt land. Det er derfor av særlig betydning å få utstyrt dette med et tett nett av stasjoner. Dette er en av vårt nye institutts viktigste fremtidsoppgaver.

Den første som formådde å gi en nærmere påvisning av fenomenets kosmiske natur var Schwabe, som påviste en eiendommelig forbindelse som eksisterte mellom solflekker, nordlys og magnetiske forstyrrelser.

Denne forbindelse fremgår tydelig av fig. 3, hvor den nederste kurve fremstiller et mål for solflekkenes mengde i de forskjellige år, den annen kurve en sterkt utjevnet kurve for den såkalte magnetiske stormfullhet.

Denne kurve viser tydelig hen på hvor årsaken til de magnetiske stormer er å søke, og da man ved århundreskiftet hadde begynt å lære å forstå den elektriske strålings og radioaktivitetens natur, lyktes det professor Birkeland å fremsette den teori som, såvidt jeg kan forstå, i en noget modificert form antagelig vil løse problemet. Denne teori går ut på at solen utsender en elektrisk stråling, som av jordens magnetiske felt deformeres slik at strålene på en måte blir »innsuget« til jorden i to belter omkring de magnetiske poler. De deler av dette elektriske strålesystem som kommer

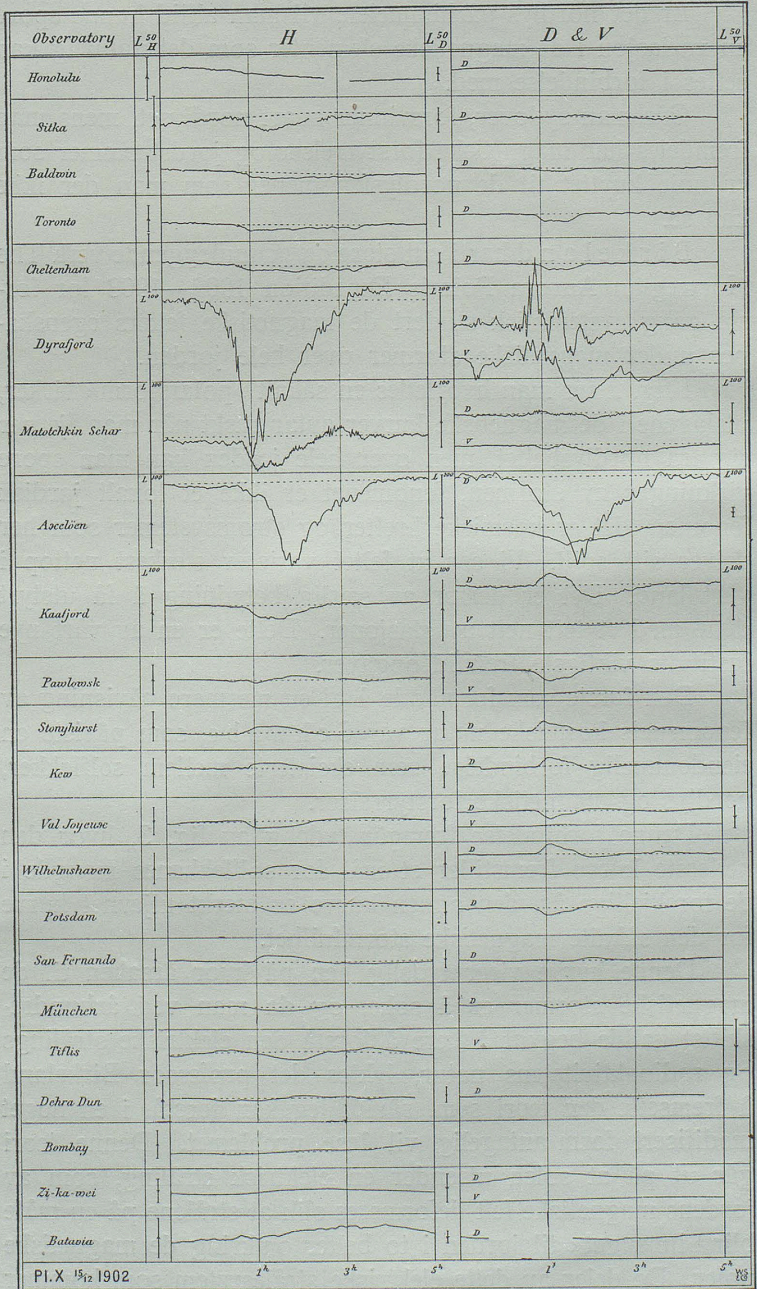


Fig. 2. Magnetiske kurver fra „hele jorden“, under en „polarstorm“.

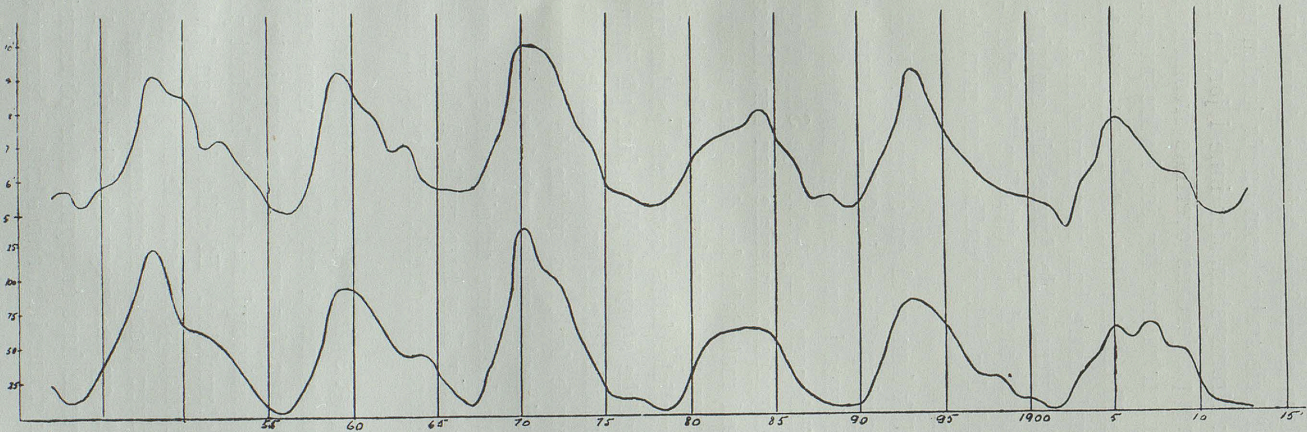


Fig. 3. Solflekker, magnetiske stormer (Oslo) og værforhold.

helt inn i jordens atmosfære, bringer denne til å lyse som polarlys, og det hele system som omgir jorden virker som et veldig elektrisk strømsystem, der inne i jorden induserer de jordstrømmer og på jordens overflate frembringer de magnetiske forstyrrelser vi har for oss i våre magnetogrammer.

For å få verifisert sine antagelser gikk Birkeland to veier.

For det første søkte han eksperimentelt å få tak i hvordan dette strålesystem vilde forme sig omkring jorden og sammenlignet dette med de virkelige forhold. — Til sine polarlysbelter på den lille »terella« fant man de tilsvarende soner på jorden.

Dernæst gikk han også en annen vei. Han fikk startet sin store nordlysekspedisjon i 1902—03 hvor han hadde i drift 4 polarstasjoner i nærheten av nordlysbeltet, en på Island, en på Spitsbergen, en på Novaja Semlja og en i Finnmarken. Det magnetiske materiale han her fikk samlet, samarbeidet han med materialet fra de andre magnetiske observatorier som finnes på lavere bredder og kunde på den måte studere de magnetiske felter over hele jorden som optrådte under de magnetiske stormer. Han fant på denne vis ut de forskjellige karakteristiske felter, klassifiserte disse og undersøkte om de kunde forklares ut fra de strømsystemer man efter hans eksperimenter måtte vente blev dannet.

Resultatet av dette store arbeide var også meget opmuntrende. Det viste sig ikke bare mulig å konstatere overensstemmelse i de store hovedtrekk, men også til dels i en stor rekke detaljer.

Vi har sett (fig. 3) hvorledes de magnetiske kurver under en såkalt »polarstorm« så ut. Tegner man perturbasjonsfeltene inn på karter, får man karter som i fig. 4. Pilenes retning er såkalte »strømpiler« der står loddrett på den magnetiske kraft i stormfeltet. Et slikt felt kan forklares som virkningen av et strålesystem som de man efter teorien skulde vente å finne. Hvor stor overensstemmelse man kan få mellom de observerte og de beregnede felter vil også fremgå av figuren. Det øverste kart er tegnet efter observasjonene under en magnetisk storm, i det annet kart er beregnet hvorledes

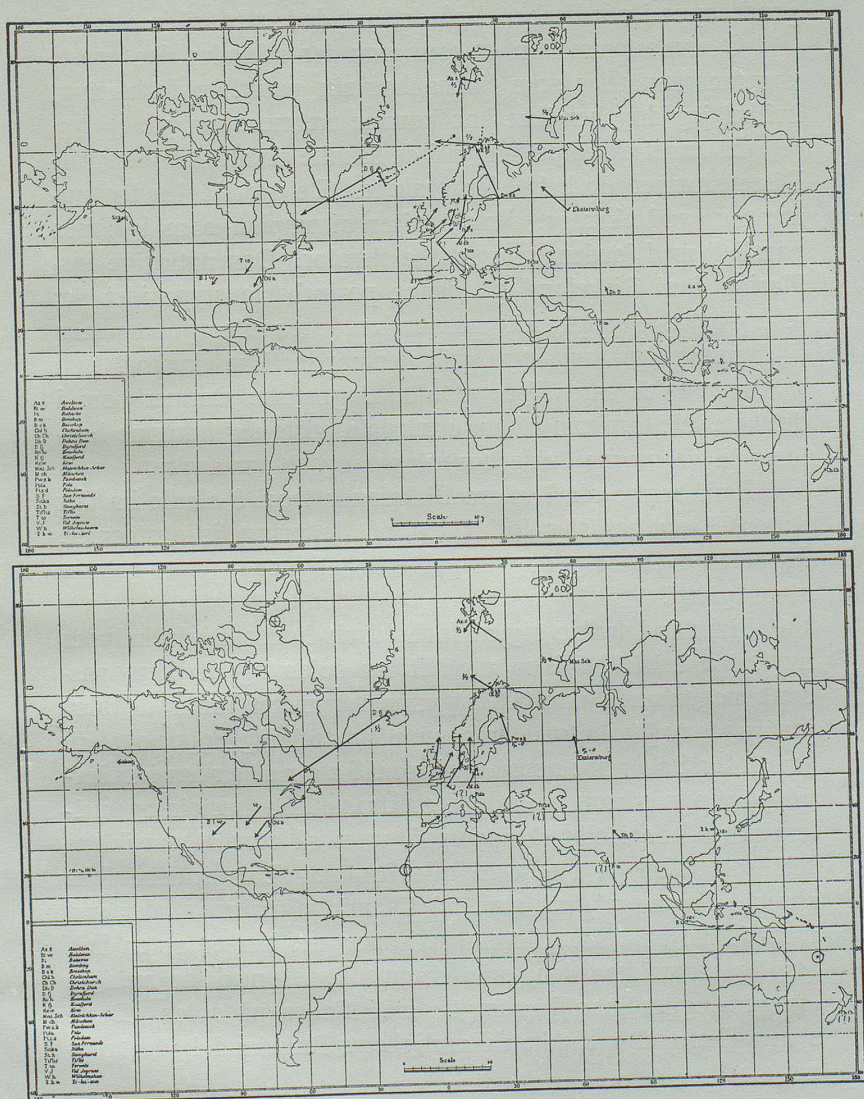


Fig. 4. Observert (øverst) og beregnet (nederst) kart for en „polarstorm“.

det tilsvarende felt for et tenkt idealisert strømsystem beliggende oppe i nordlysbeltet på det antydede sted vilde bli.

Overensstemmelsen er som man ser slående; den eneste uoverensstemmelse som finnes har sin naturlige forklaring, hvilket jeg dog her ikke kan komme nærmere inn på.

Et annet eksempel har vi i de såkalte ekvatoriale stormer. Disse stormer er betydelig svakere. De største krefter opptrer her ved ekvator. Kartet viser strømpiler som forløper parallelt med jordens magnetiske ekvator. Den naturlige forklaring fant Birkeland på denne perturbasjonstype idet det viste sig at de elektriske stråler hadde en utpreget tendens til å samle sig i en ring rundt den magnetiske ekvator.

Resultatet var videre at alle magnetiske stormer som i det hele tatt forekom i hans materiale, viste sig å kunne henføres til de nevnte enkle hovedtyper og et par andre.

Man syntes altså ut fra Birkelands teori å skulle ha fått en enkel og naturlig forklaring på de magnetiske stormer. Men der meldte sig dog et par vanskeligheter av en ganske alvorlig art.

Birkeland tenkte sig at forholdsvis konsentrerte knipper av korpuskelstråler blev utsendt fra solen og at disse passerte nogenlunde uanfektet gjennom rummet inntil de blev innfanget av jordfeltet. Den samme forutsetning ligger også til grunn for Stormers beregninger. Schuster har imidlertid gjort oppmerksom på at den elektrostatisk frastøtning mellom partiklene i slike knipper vil være så stor at partiklene blir spredt meget sterkt til alle kanter. Skal strålene ikke spredde for meget, må man gå til antagelsen av at der ved utsendelsen av disse utløses energimengder der er av en helt utrolig størrelsesorden, selv sammenlignet med de veldige energimengder man kan regne med finnes på solen. Dette syntes derfor å utelukke de muligheter Birkeland hadde regnet med.

En annen vanskelighet var også følgende:

Eksperimentene stemmer godt med de analoge forhold under magnetiske stormer, men der er en vesensforskjell mellom eksperiment og virkelighet: I eksperimentet må nødvendigvis katoden som skulde representere solen rykke terrel-

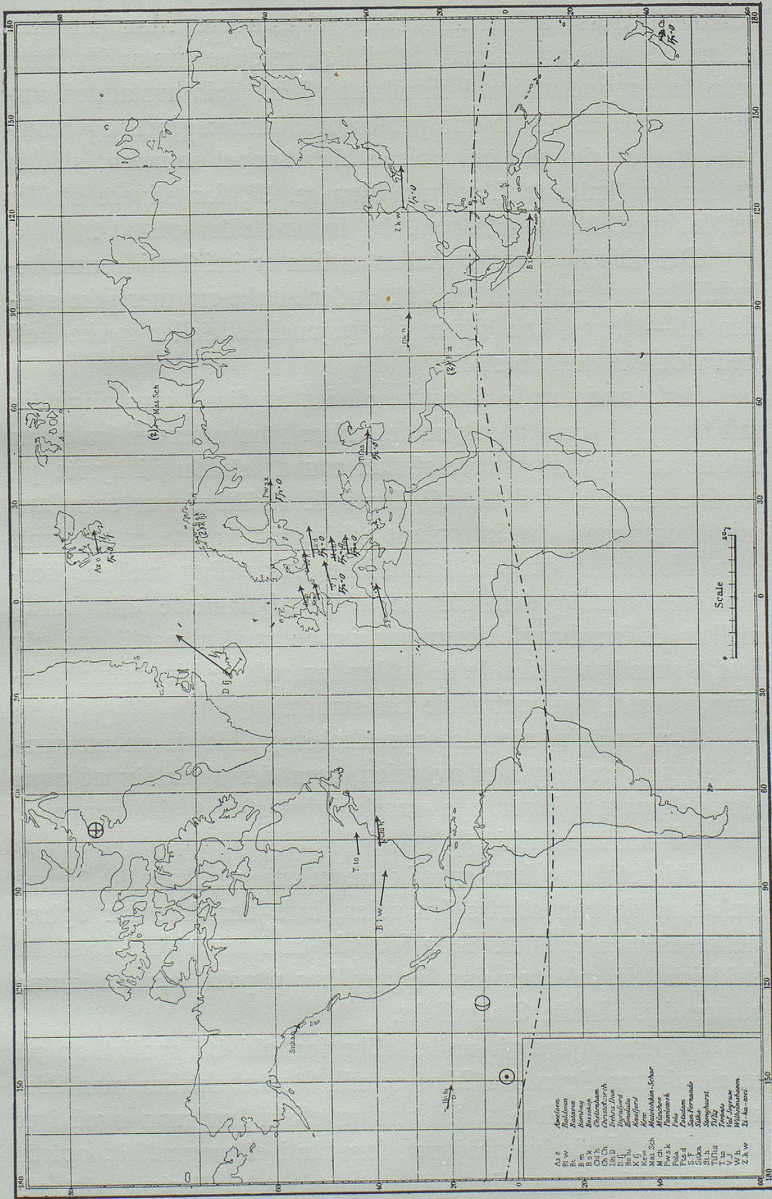


Fig. 5. Magnetisk \vec{E} , ekvatorialstorm.

laen meget nær inn på livet, i naturen er avstanden mellem sol og jord av en helt annen størrelsesorden. Man kan ikke utføre eksperimentet med de riktige relative avstander, men man kan regne ut hvad resultatet vil bli hvis avstanden forøkes så meget. Dette har professor Størmer gjort, og resultatet var at ringene om polene blev knepet sammen, slik at radien for katodestråler kun blev ca. 3° , for stivere stråler en del mer, for β -stråler ca. 5° , for α -stråler ca. 17° .

Det virkelige nordlysbeltets radius er imidlertid ennu betydelig større, normalt ca. 24° , under sterke stormer ikke sjelden 40 — 50° og kan i rent eksepsjonelle tilfeller rykke helt ned i de ekvatoriale strøk.

Birkeland mente å kunne påvise at disse vanskeligheter falt bort hvis man antok at de stråler som utsendes fra solen hadde en betydelig større stivhet enn de stråler vi kjente på jorden. Antok vi dette, vil der i de stråleknipper som han antok passerte i det interplanetariske rum, optrø en ny kraft som motvirker den elektrostatiske frastøtning mellem korpuklene, nemlig den såkalte elektrodynamiske tiltrekning mellem de frembragte strømmer, og antar vi at partiklene går med lyshastighet, skulde de to krefter opheve hinannens virkning, så stråleknippet vilde bli stabilt.

Kan en slik antagelse oprettholdes, vilde de nevnte vanskeligheter være ryddet av veien, men det viser sig at også denne hypotese lager nye vanskeligheter som det neppe er mulig å komme forbi.

Hvis strålene har en slik uhyre stivhet, kan det neppe tenkes at de kan startes fra solen, hvis der ikke her optrø sterke elektriske felter. Men foregår en lysemisjon i et sterkt elektrisk felt, må man som Vegard har påpekt, vente å kunne påvise den såkalte Starkeffekt.

Spektrallinjene vil under slike forhold bli spaltet op på en eiendommelig måte. Men en slik Starkeffekt har man ikke kunnet finne i sollyset. En analog effekt har man også i et magnetfelt. Hvis lysemisjonen foregår i et magnetfelt, optrø en annen eiendommelig spaltning av spektrallinjene, det såkalte Zeemannseffekt, og denne har man kunnet konstatere i sollyset. Starkeffekten derimot ikke.

Videre vil antagelsen av de stive stråler skaffe vanskeligheter ved tydningen av nordlysdrapeeriene. Efter Birkeland og Størmer må man anta at de enkelte stråler hvorav nordlysdrapeeriene dannes, frembringes av elektriske korpuskelstråler der beveger sig i en slags skruelinje rundt de jordmagnetiske kraftlinjer. Er strålene bløte, er skruen smal og strålene blir tynne stråler, er strålene stive, vil skruelvirlvene bli forholdsvis store. Strålene i nordlysdrapeeriene er meget tynne og dette tyder avgjort i retning av at strålene må være forholdsvis bløte. Skulde strålene ha en stivhet som den Birkeland regnet med, kan man i alle fall ikke nu forklare at draperiene er så tynne som de faktisk er.

Birkeland var også inne på den tanke at strålesystemets eget magnetiske felt kunne være istand til å forflytte nordlysfeltet sydover; særlig virksom i denne henseende vilde i tilfelle muligens den ring rundt magnetisk ekvator kunne antas å være som han fant ved sine eksperimenter og som han regnet med var årsak til de ekvatoriale stormer. Størmer har undersøkt hvad virkning en slik strøm vil ha i denne henseende. Han har også kunnet påvise at en sirkulær strøm i magnetisk ekvator med en bestemt strømretning vil dra nordlysbeltet sydover og ved passe antagelser vil også denne forskyvelse kunne bli så stor som man trenger for å få de observerte angulære radier i nordlysbeltet. Disse antagelser er dog ennå av nokså hypotetisk art.

Man vet nok at slike strømcirkler har tendens til å dannes, og Størmer har regnet hvor sterke de må være for å forklare forskyvelsen, men det er et åpent spørsmål om der kan bli en overensstemmelse i kvantitativ henseende mellom de strømmer som tiltrenges til forskyvelsen og de som faktisk eksisterer. Rent apriori er det etter mitt skjønn også tvilsomt om dette forhold skulde kunne frembringe forandringer av mere enn detaljmessig art. — Hvordan det nu enn har sig i denne henseende, så løser dette heller ikke den førstnevnte vanskelighet: hvorledes stråleknipper kan passere over de store distanser uten å spredes for sterkt.

Man har søkt å omgå vanskeligheten av spredningen ved å anta at utstrålingen både inneholdt positive og nega-

tive partikler, men inntil for et par år siden er man heller ikke ad den vei nådd frem til nogen sikre resultater.

Disse vanskeligheter har vært av en så alvorlig art at det har vært en almindelig opfatning at Birkelands teori simpelthen måtte opgis. Man har også forsøkt på annen vis å forklare de magnetiske stormer, ved å anta at de skyldtes strømmer i atmosfæren frembragt ved ionisasjon. En slik ionisasjon kan skyldes korpuskulærstråling — men en slik har vanskelig for å nå frem fra solen; og den kan skyldes ultrafiolett lys, røntgen- eller γ -stråling — men disse påvirkes ikke av det jordmagnetiske felt.

De forsøk som er gjort på å komme utenom Birkelands teori, har dog ikke ført til noget positivt resultat.

Like til det siste har altså situasjonen vært den at Birkelands teori har vært den eneste som kunde gi forklaring på de magnetiske stormer i store trekk, men selve teoriens grunnlag har vært uforklarlig.

Efter mitt skjønn er man imidlertid nu efter den siste utvikling som den moderne fysikk og astrofysikk er nådd frem til, istand til å øine en mulighet hvorpå disse siste fundamentale vanskeligheter også skulde kunne løses. Professor *M i l n e* har nylig gjort en del overordentlig betydningsfulle undersøkelser og på grunnlag herav fremsatt en teori for den elektriske utstråling fra soler som er i høi grad bemerkelsesverdig.

Jeg skal forsøke så kort som mulig å skissere hovedtrekkene i denne.

Efter Bohrs teori er de forskjellige atomer oppbygget av en indre positiv kjerne og en rekke negative elektroner som svermer om kjernen i baner som til en viss grad kan sammenlignes med planetenes baner om solen. I visse bestemte baner kan elektronene bevege sig om kjernen uten å utstråle d. v. s. miste energi. Minst energi svarer til de inderste baner, større energi svarer til de ytre. De inderste baner er de mest »stabile« baner.

Beveger en elektron sig i en av de ytre baner, har den tendens til å gjøre et sprang innover til en av de mere stabile baner. Ved et slikt sprang utløses et såkalt energikvan-

tum som frembringer lys av en bestemt bølgelengde og man har forbindelsen

$$h\nu = E_1 - E_2$$

hvor h er Plancks konstant, ν lysbølgens frekvens og $E_1 - E_2$ forskjellen i atomenergi når elektronen beveger sig henholdsvis i ytre og indre bane — før og etter »spranget«.

Blir omvendt et slikt atom utsatt for stråling av den n o i a k t i g s a m m e bølgelengde, kan det opta det samme energikvantum hvorved elektronen springer motsatt vei. Under denne prosess får også atomet et støt — et lys-trykk — utover i lysstrålens retning og dette »lystrykk« tiltar med strålingens styrke.

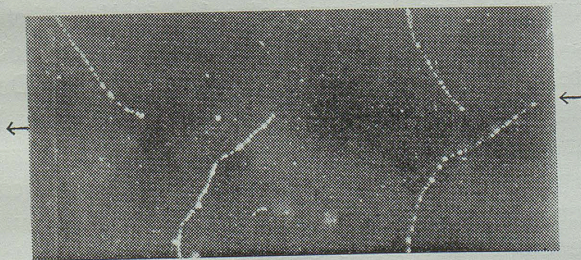


Fig. 6. Røntgenstrålers »stråletrykk«.

Det er kun for denne ene bølgelengde eller strengt tatt for et bestemt antall bølgelengder svarende til atomets spektrallinjer at en slik absorpsjon kan finne sted. De øvrige bølgelengder affiserer ikke atomet; atomet opfører sig i denne henseende som en selektiv radiomottager, denne kan kun absorbere energi fra en bestemt av de bølgelengder som omsvermer den, de øvrige affiserer den ikke. Det er altså også kun lys av atomets egen spektrallinjebølgelengde som frembringer dette selektive stråletrykk. Det samme gjelder også for atomer som har mistet en eller flere elektroner, altså for positiv ladete atomrester, ioner.

Et eksempel vil kunne illustrere dette.

Det har vært mulig simpelthen å fotografere nogen lignende fenomener. Fra høire side i fig. 6 er sendt en røntgenstrålebunt inn i en gass. Den treffer en masse atomer på

sin vei tvers over billedet — antagelig noget slikt som en trilion atomer — men kun på fire frembringer den et så kraftig støt at man har kunnet fotografere fenomenet. Den virkning man her ser for sig, er at en elektron er blitt slått helt ut av atomet, den har derved fått sig et støt i strålens retning. Der er mettet vanddamp i beholderen, og idet den hurtige elektron beveger sig utover, kondenserer den vanddamp på sin bane. Derved har man opnådd å få fotografert disse enkelte elektroners baner. Man får tydelig inntrykk av det støt — lystrykk — som herved opstår, elektronene flyr av gårde i røntgenstrålens retning.

Oppe i solens atmosfære svever nu en rekke atomer og ioner av forskjellig slags. Disse er utsatt for to slags virkning: tyngden drar dem inn mot solen, stråletrykket skyver dem ut. Skal de holde sig svevende i en bestemt høide, må der være en art av likevekt mellom disse krefter. Det viser sig at de forskjellige atomer konsentrerer sig om forskjellige lag hvor hver især befinner sig i en slik likevektstilstand.

De ytterste lag av solatmosfæren, lagene over ca. 8000 km. over solranden, viser sig å bestå vesentlig av enkeltioniserte Ca-atomer. Disse Ca-atomer absorberer i to brede Fraunhoferske linjer i den fiolette del av det synlige spektrum, K og H. Calciumdampene i de underliggende lag av solatmosfæren absorberer dette lys meget sterkt, slik at stråleintensiteten i de høieste lag er relativt meget liten for denne bølgelengde — ca. en niendedel av intensiteten i den nærliggende del av det kontinuerlige solspektrum.

Ca-atomene holdes altså normalt oppe av et stråletrykk som svarer til den energi som representeres av laveste stråleintensitet i disse Fraunhoferlinjer. Av og til absorberer et Ca-atom dette lys, den ytterste elektron springer da til en høiere bane og samtidig får atomet et støt utover. Efter forløpet av en viss tid faller elektronen atter tilbake til den stabilere bane. Herved avgis atter den absorberte energi, atomet utstråler det samme lyskvantum igjen og får en ny impuls, men denne impuls foregår snart i en retning, snart i en annen, i middel like sterkt i alle retninger. Man kan altså regne med at det kun er støtet utad

ved hver absorpsjon som fører det ut, og tyngden som mellom hver absorpsjon drar det inn. Skal atomene holdes svevende på denne vis, må de to veistrekninger ut og inn være like store. Ved å sette op disse betingelser og forøvrig bruke de lover som gjelder for slike prosesser, fant Milne at Ca-atomene i solatmosfæren absorberer ca. 20 000 ganger pr. sekund, efter hver slik absorpsjon forblir atomet i den nye tilstand i ca. en hundremilliontedels sekund og i dette tidsrum gjør elektronen ca. en million omdreininger, hvorefter det atter springer tilbake til den stabile bane. På denne vis er likevekten etablert. Et forunderlig spill hvor den lille lysstrålebundt leker med atomer som en jonglør med sine kuler, kun har lysstrålen en uendelig større ferdighet enn nogen jordisk ekspert kan opvise.

Hvis stråleintensiteten nu vokser, hvad vil så skje? Stråletrykket blir da større, tyngden blir uforandret, altså får strålingstrykket overhånd og atomene blir slynget ut fra solen med stigende hastighet.

Men idet atomet beveger sig bort fra lyskilden, blir absorpsjonsforholdene forandret. Atomene kan fremdeles kun absorbere lys som svarer til et svingetall ν pr. sekund. Men det lys som fra solen utsendes med svingetall ν , når det flyktende atom med et svingetall som er mindre, efter det såkalte Dopplers prinsipp. En lokomotivpipes tone er konstant for den som følger lokomotivet, men tonen blir lavere for en person på jorden som toget beveger sig vekk fra. — Det lys som skal nå atomet med svingetall ν , må nu utsendes fra solen med et større svingetall — svarende til en mindre bølgelengde. Kun dette slags lys kan nu absorberes av atomet. Men det lys som på solen har svingetall større enn ν , ligger utenfor midtpunktet i den mørke Fraunhoferske linje og har altså en betydelig større intensitet. Dette lys vil følgelig frembringe et meget kraftigere stråletrykk og følgelig blir atomet drevet videre vekk fra solen med en kraft som er raskt og sterkt stigende.

En liten primær stigning i stråleintensiteten som gir atomet en hastighet utover vil altså utløse en uhyre meget større kraft efter prinsippet: en liten tue kan velte et stort less.

Når atomets fart er så stor at det absorberer lys helt utenfor den gamle spektrallinje, blir lystrykket konstant — men også en konstant kraft vil frembringe stadig stigende hastighet. Når avstanden vokser avtar imidlertid også stråletrykket og likeså solens tiltrekning, og det endelige resultat blir at atomene nærmer sig en viss grensehastighet. Milne har beregnet denne og funnet at den blir omkring 1600 km/sek^{-1} . Med en hastighet av denne størrelsesorden skulde altså partiklene passere jordbanen, d. v. s. de skulde trenge et par døgn på strekningen solen til jorden.

Denne eiendommelige art elektrisk stråling skulde, mener Milne, ha en gjennemtrenghetssevne som skulde være av en nogenlunde riktig størrelsesorden for å kunne trenge ned til de høider i vår atmosfære hvor nordlyset observeres.

Han regner også med at slike positive atomer vil trekke med sig en sverm — en slags hale av negative elektroner. Disse vil delvis nøytralisere den elektrostatiske frastøtning. Både av denne grunn og ved at man har det kraftige lystrykk som dirigerende fremdrivningskraft, bortfaller vanskeligheten med den umåtelige initialenergi som man tidligere måtte steile ved. Noget elektrisk felt på solen tiltrenges heller ikke.

Arrhenius har allerede i 1900 fremsatt en nordlysteori grunnet på lystrykkets virkning på kosmisk støv. Dette blev gjort på et så tidlig tidspunkt at man ennå ikke kjente til den virkelige strålingstrykkteori for atomer. I sin oprinnelige form kunde imidlertid Arrhenius' teori ikke forklare fenomenene. Birkeland og Størmer bortså fra lystrykket, idet de antok at dets virkning var forsvinnende, men heller ikke denne teori var god nok. Milnes teori forener de to gamle teorier som det synes på en lykkelig vis. Anskuer man saken på denne måte, skulde altså begge teorier være delvis riktige; den helt riktige teori synes å være en kombinert Arrhenius-Birkelands teori modifisert i Milnes ånd. Solens stråletrykk og den jordmagnetiske avbøining skulde begge være de to vesentlige faktorer som dirigerer det hele. I jordens nærhet skulde de magnetiske krefter dominere, her skulde de Birkeland-Størmerske lover gjelde. Hvor dette felts virkning

blir liten i forhold til stråletrykket, dominerer det siste. I et grenseområde får vi en kombinert effekt.

Vi har sett at en slik modifisert teori for magnetiske stormer og nordlys kunde rydde av veien nogen av de fundamentale vanskeligheter ved den Birkelandske teori. Men den kan også efter mitt skjønn yde mere.

En vanskelighet som vi tidligere støtte på, var nordlysbeltets store radius. For bløte stråler var den alt for liten.

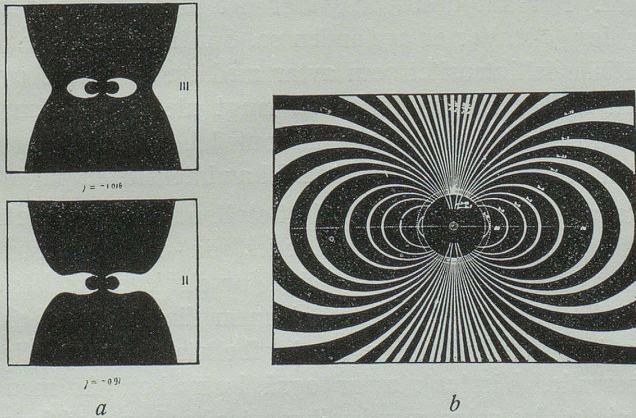


Fig. 7. De „Størmerske rum“.

Den utvei man hadde kunnet anwise for å kunne få den større — å anta en stor strømning langt ute — var av noget tvilsom art.

Også her synes det som den nye teori skulde kunne hjelpe oss over vanskelighetene.

Størmer har beregnet hvordan strålene kan bevege sig i det jordmagnetiske felt når han bortser fra stråletrykket og kun tar hensynet til de magnetiske krefter. Selv om stråletrykket virker, vil dog hans resonnement i alt vesentlig bevare sin gyldighet i det område hvor de magnetiske krefter dominerer, d. v. s. nær jorden — men heller ikke lengere.

I fig. 7 er gjengitt et par figurer fra Størmers avhandling. De hvite partier angir de områder hvor strålene under bestemte forhold i det hele tatt kan passere. De sorte

områder er skranker som det magnetiske felt setter for strålene. Hvis der kun er magnetiske krefter som virker, er disse skranker uoverstigelige for strålene. Under disse forhold er de eneste områder hvor strålene kan nå jorden de to horn nær den magnetiske akse. Inne i det sorte område er der også rum hvor strålene kan bevege sig, men utenfra — fra solen — kan de ikke slipppe inn til disse, hvis ikke ekstra krefter spiller inn.

Avstanden fra jorden til disse nærmeste skranker er meget stor. For katodestråler svarer det til et par månebaneradier, for β -stråler er avstanden ca. 6 månebaneradier. Den magnetiske feltintensitet som avtar med tredje potens av avstanden fra jorden, er derfor så langt ute meget liten, ved katodestråleskranken ca. en milliontedel, og ved β -stråleskranken ca. en tohundremilliontedel av intensiteten på jorden.

Regner man imidlertid med at strålene også er utsatt for lystrykk, blir forholdet anderledes, da er de magnetiske skranker ikke lenger uoverstigelige for strålene, stråletrykket er istand til å presse atomene gjennom disse fjernere skranker og inn i de indre rum før jordbeltets virkning blir det dominerende. Visstnok avtar også lystrykket når man beveger sig ut fra solen, men kraften avtar her kun med 2den potens av avstanden. Kraften ved jorden kan antagelig anslåes til ca. en femtiusendedel av kraften på soloverflaten, men beregningsgrunnlaget er her noget usikkert. Men slipper strålene på denne vis inn gjennom disse skranker, vil de bevege sig videre i de indre rum og på den måte nå inn til jorden i horn som ligger betydelig lengere fra den magnetiske akse. Er stråletrykket kraftig, vil de nå særlig langt inn, og nordlysbeltet rykke meget langt sydover. Der er imidlertid også mulighet for at de stråler som sendes fra solen som ioniserte atomer kan bli nøytralisert underveis, og til og med ionisert påny, slik som forholdene er i almindelige kanalstråler. For nøytrale atomer eksisterer ingen »magnetiske skranker« i det hele tatt; i dette tilfelle er der altså enn lettere adgang for disse stråler til å gjennomtrengte de »mørke Størmerske rum« og komme jorden nær inn på livet. Denne mulighet inne-

bærer mange interessante konsekvenser, som jeg dog her ikke kan komme inn på.

Det er interessant i denne forbindelse å betrakte solkoronaens form. Også solen har sitt magnetiske felt, og man skulde kunne vente også der å finne en kamp mellom magnetfelt og stråletrykksfelt. Hvis magnetfeltet er sterkt nok, vil de stråler som sendes ut sno sig om solens magnetiske kraftlinjer. Som fig. 8 a viser, har solkoronaen i minimumsår nettop en slik form som man i så fall skulde vente.

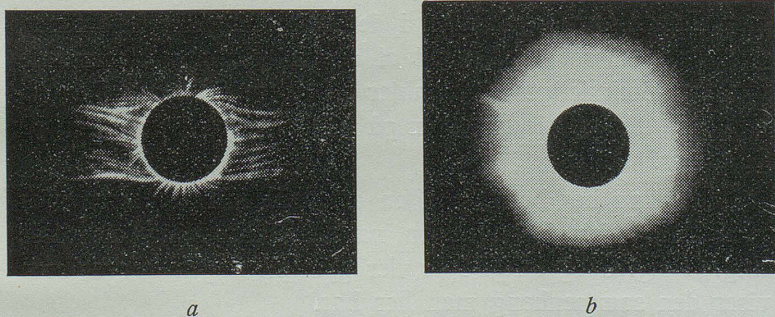


Fig. 8. Solkoronaens form i minimumsår, *a*, og i maksimumsår, *b*.

I maksimumsår, hvor stråleintensiteten er større, er derimot den typiske koronaform anderledes. Her dominerer som man ser (fig. 8 b) det radiale stråletrykksfelt helt og holdent. Av magnetfeltets typiske struktur er der ingen spor å se. I almindelighet antyder koronaens form en mellemtung mellom disse ytterligheter.

En ting må jeg til slutt få berøre. I mitt foredrag i 1915 påpekte jeg at det av Halddematerialet med tydelighet fremgikk at de magnetiske stormer var en uhyre fin reagens på solvirksomheten, langt finere enn f. eks. solflekken. Jeg påpekte også eiendommelige forbindelser vi hadde funnet mellom værforhold på jorden og de magnetiske stormer. Jeg tydet dette slik at det var rimelig at solens elektriske stråling og varmestråling svinget i takt.

Det er nettop dette som den nye teori forutsetter. Det er nettop små varmestrålingsvariasjoner som antas å utløse

de store krefter som driver strålene av gårde, og det er derfor rimelig at de magnetiske stormer derfor blir en uhyre følsom reagens nettop på varmestrålingens variasjoner, langt følsommere enn noget annet fenomen man hitil har fått tak i.

Men da blir også som jeg nevnte i 1915 de magnetiske stormer en faktor av betydelig meteorologisk interesse.

Vi har forsøkt å anvende dette i praktisk værtjeneste til langsiktige prognoser av den almindelige værkarakter, og resultatet har vært opmuntrende.

De samme perioder man finner for de magnetiske stormer, finner man også igjen i de meteorologiske fenomener, og her er disse så utpreget at de til dels er bestemmende for den almindelige værkarakter i lengere tidsrum. De viktigste av disse perioder er en på 11 år, en på 2 år og en på 27 dager.

Jeg kan her henvise til en del artikler i »Naturen« for 1917, hvor jeg har gitt en nærmere utredning av disse ting. I fig. 3 og i fig. 9 er der gjengitt noen kurver som viser den sammenheng man her har.

Ved hjelp av 27-dagsperioden har vi kunnet gi prognoser av denne art et par måneder frem, og disse har vist sig å være av praktisk verdi, f. eks. for fangstskuter som er gått ut på lengere tokt, for de forskjellige polarekspedisjoner som vi har hatt med å gjøre o. a.

2- og 11-årsperioden har vi kunnet utnytte til å kunne forutsi varme og kolde somre, strenge og milde vintre en del år frem i tiden. En praktisk anvendelse herav var det f. eks. da det lyktes å få forutsagt det store frøår i Nord-Norge i 1920, på grunnlag av disse karakteristiske vekslinger.

Det er fenomener av meget stor praktisk verdi det her dreier sig om, og prognosene har vist sig å være forbausende sikre. Men vi har dog i alle disse tilfeller hatt en beklæmende følelse av å befinne oss på gyngende grunn. Der opptrer ofte karakteristiske »omslag«, og hvad årsak disse omslag egentlig har, er vi ennu ikke klar over. I detalj er man også i villrede om hvorledes forbindelsen skal forståes.

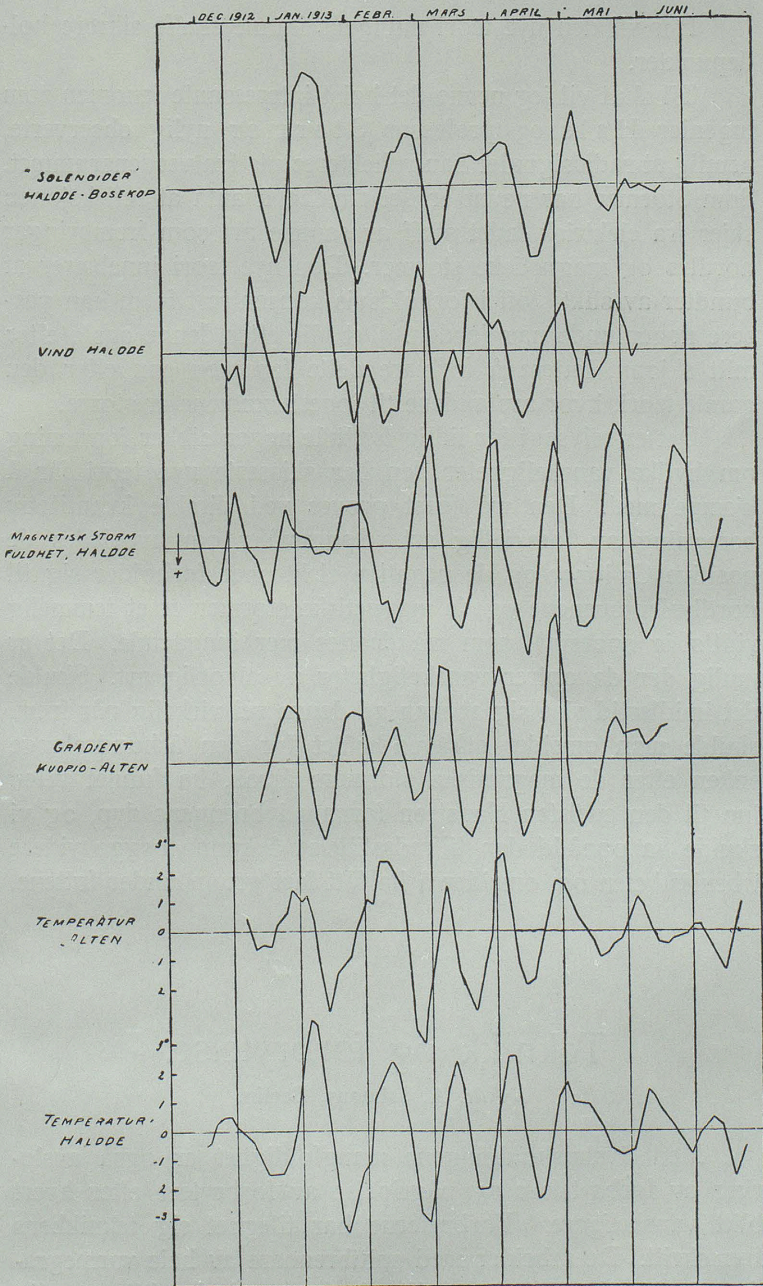


Fig. 9. 27-dagsperioden i magnetiske storm- og værforhold.

Her vil den nye teori muligens kunne skaffe sikrere holdepunkter.

Til slutt vil jeg nevne det høist interessante fenomen som ingeniør Hals og professor Størmer nylig observerte, nemlig at radiosignaler kan reflekteres ute fra verdensrummet. Som Størmer har nevnt er det rimelig å anta at refleksjonen skjer fra elektrisk ladet stoff av samme art som frembringer nordlys og magnetiske stormer. Den nye teori innebærer at bundter av slikt stoff i forholdsvis konsentrert form kan passere nogenlunde nær jorden. Det blir etter denne også, etter mitt skjønn, lettere å forklare dette fenomen enn etter den gamle teori, hvor avstandene til ionestrømmene er større.

Det er selvsagt for tidlig å uttale noen sikker formening om hvilke vanskeligheter den her skisserte nye teori får å kjempe med. Den må først prøves ved direkte kvantitativ beregning av forskjellig art. Spørsmålet om hvorledes de positive Ca-ioner og de negative elektroner forholder sig til nordlysfenomenene og de magnetiske stormer er et temmelig vidtløftig spørsmål som må drøftes mer inngående. Det er mulig der da optrer vanskeligheter av alvorlig art. Skulde det imidlertid vise sig at man ad denne vei virkelig når frem, skulde man omsider stå ved målet for den århundrelange søken etter de magnetiske stormers årsak, ha funnet veien inn til den edelsten Hansteen fornam i brønnens dyp, og vi skulde ha opnådd den tilfredsstillende å kunne bygge videre i bevisstheten om omsider å ha fått fast grunn under føttene.

Teknikk og forbrytelse.

Av dr. A. Salmony, Berlin.

Med livshusholdningens mangfoldighet er også avsløring av forbrytelser og pågrepelse av forbrytere etter hvert blitt vanskeligere. Forbryterne har tilegnet sig teknikkens fremskritt. De arbeider med snittbrennere av høie varmegrader, de forstår å fjerne skrift på checks så den blir usynlig

for øiet, de kan glimrende forfalske skattebevis og meget annet. Jo mer raffinert svindelen er utført, desto mer komplisert er avsløringen. Sjelden er der ved forbrytelsen øienvidner til stede som direkte kan angi faktum. For det meste dreier det sig om indicier, som tillater en formodning, som antyder et ofte meget svakt spor. Det er selvsagt at en kriminalkommisær og en kriminaldommer må ha skarp forstand og inngående livsvisdom; men dette er allikevel ikke nok, de må også ha innsikt i anvendelsen av forskjellige videnskapelige metoder. Ved efterforskningen av forbrytelser spiller således kjemien og optikken en stor rolle; man kan ved hjelp herav uten tvil mangen gang føre sporet mot en bestemt forbryter.

En meget ofte forekommende forbrytelse er å ijerne tekst og erstatte denne med ny. Der trenges en viss erklaring i optikkens store fremskritt for å kunne undersøke slike forfalskninger. Allerede i Middelalderen, da det meget dyre pergament blev brukt som skrivepapir, vasket man ofte skriften bort, for at det verdifulle skrivemateriale kunde brukes påny. Idag benyttes »avvaskning« av tekst utelukkende i forbrytersk hensikt.

Ved avsløring av slike forfalskninger gjør de ultrafiolette stråler utmerket tjeneste og man anvender hertil den såkalte analyse-kvartslampe, f. eks. »Original-Hanau«. Svært mange legemer og stoffer viser nemlig ved intens belysning en for dem egen fluorescens, blir selvlysende med rød, grønn eller blå farve, mens dette ved belysning med almindelige lyskilder ikke er tilfelle. Den nevnte analyselampe slipper av alle stråler bare de usynlige mørkfiolette igjennem, d. v. s. stråler av kortere bølgelengde enn 400 milliontedels millimeter, mens den fullstendig sjalter ut alt klart lys (vårt synlige lys, rødt—fiolett, har 720—400 milliontedels millimeters bølgelengde). Det virksomme ultrafiolette i kvartslampen (usynlig for øiet) går tvers igjennem kvartsbrenneren, hvorved der fremkommer karakteristiske fluorescenser med overordentlig intensitet, og i nogenlunde mørke omgivelser kan disse sees meget tydelig. Der kan anføres enkle eksempler på denne iakttagelse. Holder man hånden under strå-

lingen, så sees hud og negler i forskjellige farver; ekte tenner lyser intenst hvite, mens falske tenner viser sig som sorte huller i tannrekken. Papir av forskjellige slags, som i dagslys har den samme farvetone, viser under analyselampen for det meste forskjellige farver som blått, rødlig, gult etc., hvad der f. eks. kan være ytterst verdifullt og avgjørende ved ekthetsprøve av pengesedler, stempelmerker, frimerker, etc. Man

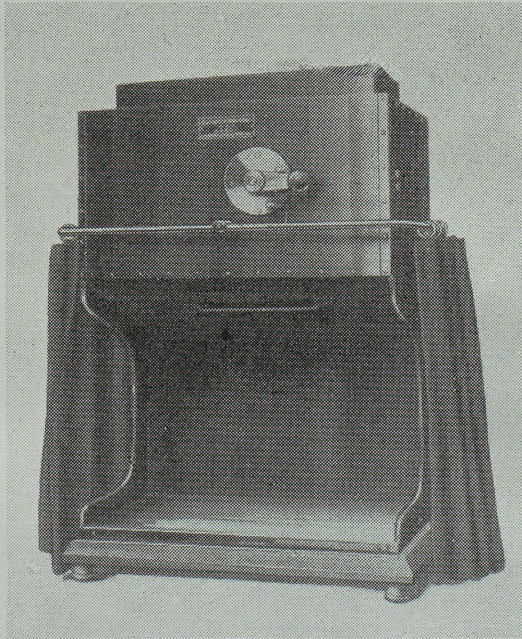


Fig. 1.

vil også med sikkerhet kunne få fatt i hustyver, hvis man på de ting som man formoder vil bli stjålet, strør spor av et salt, som i normalt lys absolutt ikke kan sees, f. eks. benzoësurt natron, der hyppig benyttes som konserveringsmiddel. Hvert støvkorn av dette salt lyser i kvartslampens mørkfiolette stråler som en bitteliten blå stjerne.

Allerede idag arbeider de fleste store banker med analysekvartslampen for å prøve checks, verdipapirer, pengesedler på falskhet respektive ekthet. På den måte blev den

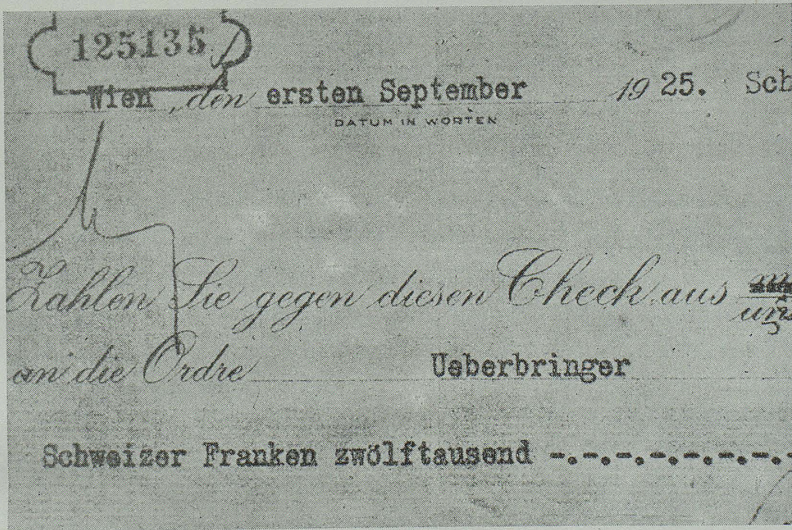


Fig. 2. Checken fotografert med almindelig lys.

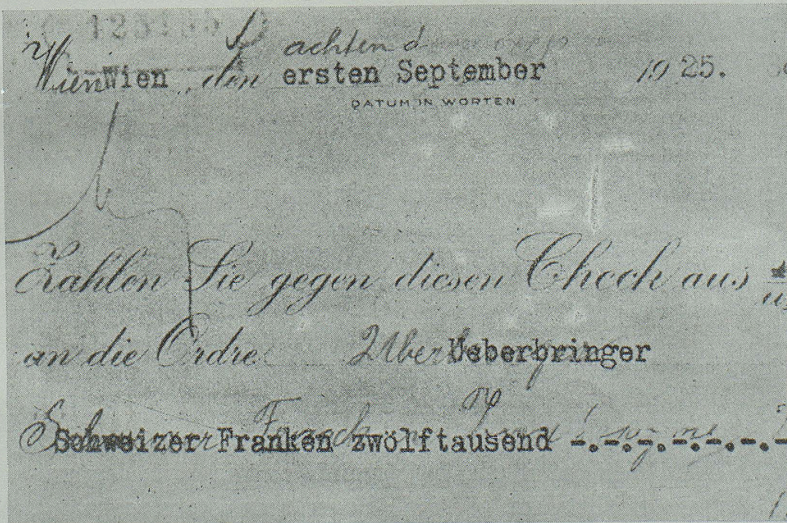


Fig. 3. Checkforfalskningen blir synlig i ultraviolet lys.

store kredittbrevsvindel, som fant sted for to år siden ved Deutsche Bank i Nürnberg, opklaret. Man vil ennå huske at det gjaldt den italienske juveler Marchesini og svindleren Alessi, som foreviste et kredittbrev på banken i Jokohama og på hvilket den unge japaners navn som kredittbrevet lød på, var avvasket og erstattet med Alessis navn; videre var der innført på checken 5800 pund istedetfor 58 pund. Selv den mest drevne seddelforfalskning forrådes av lampen; man kan ved hjelp av denne nøiaktig iakttå de tidligere merker og bringe dem frem på den fotografiske plate.

Også maleriers opprinnelse kan på dette vis lett fastslåes, billedenes signaturer som på andre måter slett ikke har kunnet finnes eller staves, blir ved bestrålingen tydelig synlig. Dette spilte f. eks. en stor rolle ved den store maleriforfalskningsprosess i Hamburg i desember 1927.

Som bekjent arbeider fanger mange ganger ved hjelp av tyvesprog og dette spiller ofte en viktig rolle som budbringer. I fangeanstalter kan nu til dags inn- og utgående post i løpet av få sekunder bli undersøkt på hemmelig skrift med analysekvartslampen; det av fangene benyttede »hemmelige« blekk som f. eks. melk, sepevann, kalkvann, spytt, urin, citronsaft etc., fluorescerer under lampen i forskjellige farver og forråder herved brevets innhold (skrevet på hvitt papir). I motsetning til de tidligere også til dels usikre metoder til å gjøre den slags skrift synlig, etterlater undersøkelsen med kvartslampen ingen spor som gjør mottageren mistenksom og straks lar ham forstå at det skrevne er eftersett.

Også ved tollundersøkelse av varer blir denne fremgangsmåte benyttet, da tollfrie og tollpliktige varer ofte lett lar sig adskille, f. eks. ublekete fra blekete stråfletninger, rå fra rensket kautchuck. Det er også lett å opdage falske stempelemerker f. eks. på sigaretter. Produkter fra dyr og planter, som skildpadde, elfenben, perlemor, horn, ben og rav, lyser i de ultrafiolette stråler så karakteristisk at de straks og nøiaktig kan skjernes fra alle imitasjoner som f. eks. celluloid, galalith og lignende.

På frimerker kan der ikke alene konstateres totalfor-

falskninger, påtrykk, farveforfalskninger, de minste reparasjoner, men også den fineste forskjell i papir, farve og lim.

For kriminalisten er det ofte viktig å vite om blekk-skrift er ny eller gammel. Frisk skrift har den karakteristiske egenskap å kunne flyte ut over ved hjelp av en vandråpe, men denne evne avtar med alderen. Ny skrift kan ved hjelp av analyse-kvartslampen eldes i løpet av 10 minutter, så den etter bestrålingen ikke lenger kan bringes til å flyte ut over

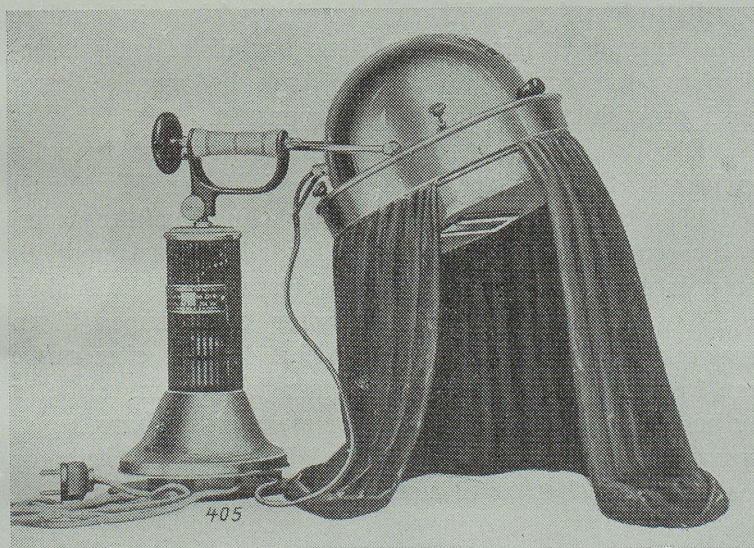


Fig. 4.

ved hjelp av vann. Mens ben av begravete lik fluorescerer, er dette ikke tilfelle med brente benrester, hvad der ofte er av stor betydning ved domsavgjørelsen.

Andre interessante tilfeller er konstateringen av spermalekker, især ved seksualforbrytelser. Flekkene lyser i de ultrafiolette stråler med lysblå farve. Lampen blir særlig benyttet med fordel, når det dreier sig om opdagelsen av slike flekker i flerfarvete kledningsstykker, tepper o. l., hvor de ofte hverken kan sees eller føles. Selv store gjenstander lar sig på dette vis undersøke på kort tid.

En vanskelig opgave for rettskjemikeren er det ved posttyverier å avgjøre om et brev allerede var åpnet eller om gummien på brevet er identisk med et av retten nærmere angitt klebstoff; visse klebstoffer fluorescerer, f. eks. dextrin, arabisk gummi derimot ikke; men især lyser enhver lakksort med karakteristisk farve. Selv små lakksplinter som blir funnet hos mistenkte personer, kan derfor vise samme farve som lakket på det brev hvis avsender man søker og på denne måte bidra til opdagelsen av forbryteren.

Rettspleien har altså her et utmerket redskap til å avsløre forbrytelser, især når kriminalistene har tilstrekkelig kunnskap og erfaring; for til den objektive bedømmelse hører også praktisk erfaring i bruk av apparatet.

Det kan kanskje være av interesse å nevne at det nylig er lykket »Quarzlampen-Gesellschaft« i Hanau (Tyskland) ved hjelp av det såkalte analysefilter (Analysenfilteransatz) å lage en apparatur som passer for alle kvartslamper av deres fabrikat, slik som disse i stor utstrekning blir brukt i medisinen. Denne apparatur forandrer kvartslampen til en analyselampe, således at man som fig. 4 viser, efter ønske kan fremstille den ene eller den annen lampeform. Dette er av betydning da nu til dags svært mange, ikke bare læger, men også private, bruker slike små lamper for å helbrede forskjellige lidelser og til å styrke en svekket organisme.

Er langsiktige værspådommer mulig?

Av K. F. Wasserfall.

III.

»Naturens« lesere vil kanskje huske en artikkel jeg skrev i 1929, hvor jeg påviste at solens rotasjon om sin egen akse spillet en fremtredende rolle for de periodiske fenomener vi finner ved å analysere variasjonen i geofysiske elementer. Slike observasjoner opviser nemlig næsten alltid en 27-daglig

periodisitet og i almindelighet ledsages dette fenomen av en sekundær bølge med nøiaktig den halve bølgelengde. Det er neppe tvil om at disse to periodiske fenomener står i forbindelse med solaktiviteten og er betinget av den eiendommelighet ved solflekkene at disse har en sterk tendens til å konsentrere sig om bestemte punkter på solen — de såkalte aktive områder. Denne konsentrasjon i forbindelse med solens rotasjon er da betingelsen for at vi i temperaturdata på vår klode til stadighet finner mer eller mindre utpregede variasjonsbølger på ca. 27 dager, samt sekundærbølger med den halve bølgelengde. Sekundærbølgene er frembragt på samme måte, idet der ved siden av det ovenfor nevnte aktive hovedområde på solen også optrer et sekundært felt, hvis beliggenhet i forhold til hovedfeltet har en vinkelavstand fra dette på ca. 180° , således at der hver fjortende dag vil være et aktivt område i heldigste stilling i forhold til vår klode.

Efter i nevnte artikkel å ha forklart hvorledes man fra den samlede variasjon kan skille ut slike elementærbølger i de observasjonsdata vi bruker, gav jeg for temperaturen i Oslo for året 1916 en tegning av de to nevnte bølger, slik som de kom ut ved matematisk behandling av de observerte tall. En lignende tegning har jeg laget for et tidsrum som ligger oss nærmere, nemlig fra juni 1929 til februar 1931 — fig. 10. Kurvene representerer 27- og $13\frac{1}{2}$ -dagsbølgene, således som man får dem ut ved direkte behandling av de observerte tall — henholdsvis merket $T_{(II-1)}$ og $T_{(III-1)}$. Samme bølger i idealisert form er merket T_{27} og $T_{13\frac{1}{2}}$.

I så godt som alle de i de to foregående artikler behandlede periodiske variasjoner, har vi sett at de optrer som diskontinuerlige bølger. Det samme viser sig også å være tilfelle med de to solrotasjonsperioder. Enkelte kurvestykker ligger positivt i forhold til solflekken — de med hel linje optrukne deler, og andre ligger negativt — de med strekede linjer optrukne. Hyppigheten av slike omslag i de periodiske fenomener synes å henge sammen med vedkommende periodes lengde. For de lange bølgers vedkommende kan der således gå mange år mellom hver gang der er omslag, mens de korte bølger viser sig å ha flere omslag flere ganger om

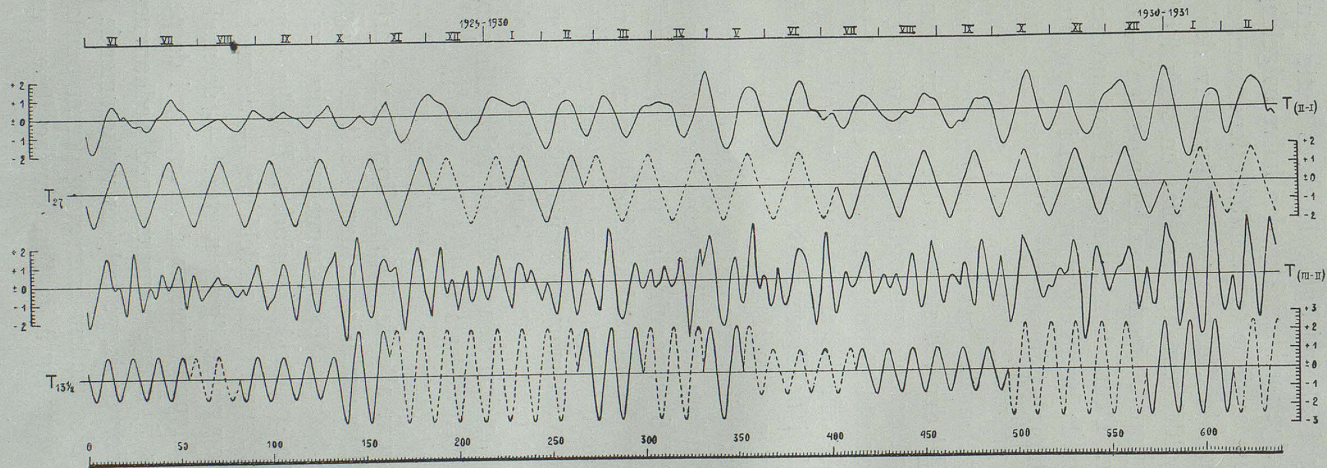


Fig. 10. Den 27-daglige og den $13\frac{1}{2}$ -daglige variasjon hos temperaturen i Oslo for tidsrummet juni 1929 til februar 1931, henholdsvis $T_{(II-I)}$ og $T_{(III-II)}$. Under hver av disse kurver finner vi de idealiserte kurver T_{27} og $T_{13\frac{1}{2}}$.

året. Som vi ser er dette tilfelle med de her omhandlede, men heldigvis synes der dog å være en viss regelmessighet til stede, idet der gjennemsnittlig er tendens til overveiende positive bølger om sommeren og negative om vinteren. Hvis man tenker å gjøre bruk av disse periodiske fenomener til forutbestemmelse av været, har det overordentlig stor betydning at man vinteren igjennem kan gjøre regning på at iallfall hovedparten av bølgene ligger negativt i forhold til solaktiviteten, mens for sommerens vedkommende de positivt liggende bølger er i overvekt.

I den ovenfor omtalte artikkel i 1929 gav jeg til avslutning en syntetisk rekonstruksjon av temperaturen for Oslo for året 1916. Som basis for denne konstruksjon brukte jeg de i fig. 10 behandlede variasjonsbølger i kombinasjon med et uttrykk for temperaturens gang gjennom året — *den såkalte normal for årlig gang*. Det viste sig at man ved kombinasjon av disse tre elementærkurver i en forbausende grad kom den virkelig observerte variasjon inn på livet. Den opnådde parallellitet mellom observasjonskurven og den syntetiske konstruksjon var så stor at det må ansees bevist *at denne metode med held kunde benyttes til forhåndsbestemmelse av karakteren i variasjonen for temperaturen for en kommende sesong*. Man kan for inneværende sesong undersøke beliggenheten av de to bølgers ekstremer og så ekstrapolere sig fremover i tiden. Riktignok optrer der under tiden små forskyvelser på to å tre dager, men mine erfaringer synes å godtgjøre at ekstrapolasjon med bølgelengder på henholdsvis 27 og $13\frac{1}{2}$ dag vil gi et gunstig resultat hele 6 måneder fremover i tiden — dog under den reservasjon at enkelte av de antatte bølger kan ligge omvendt av det antatte. For vinteren må vi regne med negative bølger på ca. 4° amplitude — forskjellen mellom maksimum og minimum, mens vi for sommeren kan regne med positive bølger på ca. 2° amplitude. For høstens og vårens vedkommende stiller saken sig mindre gunstig.

For å prøve teorien i praksis offentliggjorde jeg i »Aftenposten« for 20de desember 1930 den i fig. 11 gjengitte tegning. Øverst finner vi elementærkurven A for den

13½-daglige periode. (Vi ser at de her antatte tidspunkter for omslag ikke faller helt sammen med hvad der er antatt i fig. 10. Hvilket av de to alternativer er det riktigste, er vanskelig å si. Det spiller dog i denne forbindelse ingen rolle).

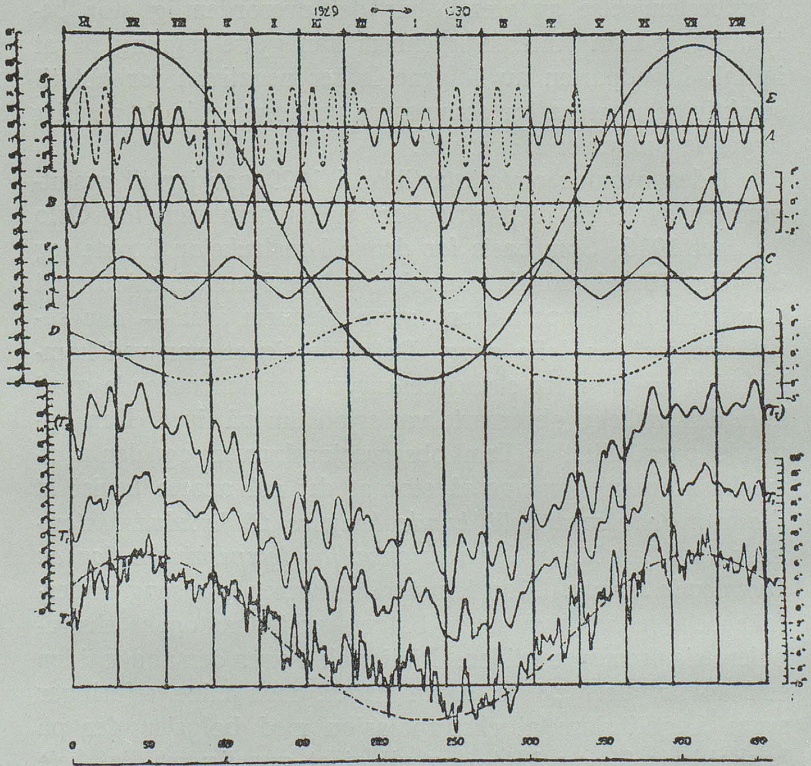


Fig. 11. De fem kurver A, B, C, D og E er elementer, ved hjelp av hvilke kurve (T_1) er sammensatt. T_0 er de virkelige observerte verdier og T_1 disse verdier svakt utjevnet for bedre å kunne sammenligne med (T_1). N er normalen for årlig gang.

Amplituden er her som i fig. 10 antatt med $4^{\circ}.5$ C for vinteren — de strekede kurvestykker, som altså ligger negativt i forhold til solaktiviteten, mens amplituden for sommerens oscillasjoner er antatt med kun $2^{\circ}.4$ C. Disse intervaller — de med hel linje optrukne kurvestykker — ligger altså positivt.

Vi ser at der for dette tidsintervall optrer temmelig store uregelmessigheter i den normale fordeling av positive og negative bølger. Således finner vi for hele januar 1930 og mesteparten av desember 1929 positive oscillasjoner istedet for negative, som jo er det normale. På samme måte viser juni 1929 negative bølger, mens resten av sommeren er normal. Sommeren 1930 er helt normal. Disse uregelmessigheter lovet ikke godt, men, som vi skal se senere, var forholdene for vinteren 1930/31 betydelig mere normal. Næste kurve, merket B, er 27-dagsperioden, som delvis også er unormal, idet der optrer en positiv bølge i løpet av vinteren 1929/30 og omslaget fra negativ til positiv verdi finner sted først et stykke ut på sommeren 1930. Den 3dje kurve C er en periodisk svingning på ca. 70 dager. Denne bølge har jeg allerede ved en tidligere leilighet påvist i temperaturdata fra Oslo, dessuten har jeg også påvist dens eksistens i solflekldata, samt i magnetiske elementer. Da amplituden av 70-dagsbølgen i det her behandlede tilfelle går op i ca. 3° C, er vi nødt til å ta denne variasjon med i beregningen. Meget tyder på at denne periodisitet, i motsetning til de fleste, er kontinuerlig og det er derfor sannsynligvis feilaktig å la kurven få omslag, således som er antatt i fig. 11. Jeg skal ved en senere leilighet komme tilbake til dette spørsmål. Endelig har vi så kurve D— den i de forrige artikler nevnte periode på $7\frac{3}{4}$ måned.

Vi har, som vi ser, funnet å måtte ta hensyn til hele 4 elementærkurver foruten kurven for den regulære årlige gang E. Alle disse elementærkurver er i fig. 11 inntegnet i dobbelt så stor målestokk, som de nederste tre variasjonskurver. Den øverste av disse, den merket (T_1), er sammen dragningen av de 5 ovennevnte elementer. T_0 representerer de observerte dagsmidler for temperaturen i Oslo, men da denne kurve inneholder en periodisk variasjon på mellom 4 og 5 dager, som ikke er medtatt blandt elementærkurvene, må vi utjevne de oprinnelig observerte verdier, således at denne forstyrrende variasjon forsvinner. Dette er da gjort med det resultat som representeres ved kurve T_1 . For å ut-

heve det høist unormale forløp vinteren 1929/30 hadde, har jeg her inntegnet normalen N — identisk med E.

Da videre kommentar neppe er nødvendig for fig. 11, skal vi nu gå over til spådommen for vinteren 1930/31. Som sagt, er de 5 elementære periodisiter ekstrapolert frem til 1ste mars 1931. Det var forutsatt at høstomslaget til negativ be-

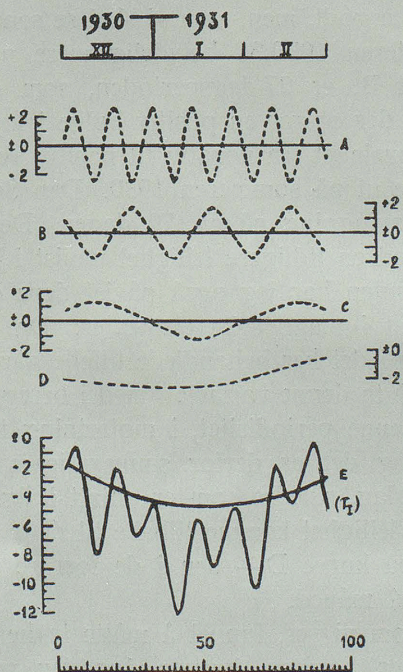


Fig. 12. Forsøk på å vise hvorledes temperaturforholdene vil arte sig i vinterens løp, under forutsetning av normale tilstander — d. v. s. uten omslag i sesongens løp.

liggenhet i forhold til solaktiviteten for elementene A, B og C hadde funnet sted før 1ste desember 1930. Dette er antydnet ved å tegne kurvene med strekede linjer. Kurve D har, som vi vet, intet sesongomslag, og da den var negativ under vinteren 1929/30, er denne situasjon forutsatt også for den kommende vinter. Endelig er den 5te elementærkurve E — normalen for årlig gang — utsatt refererende sig til den skala som er benyttet for sammendragningskurven (T_1).

Den artikkel som inneholdt spådommen, var innsendt til »Aftenposten«s redaksjon i begynnelsen av november 1930, og det var min forutsetning at den skulde tas inn senest ved

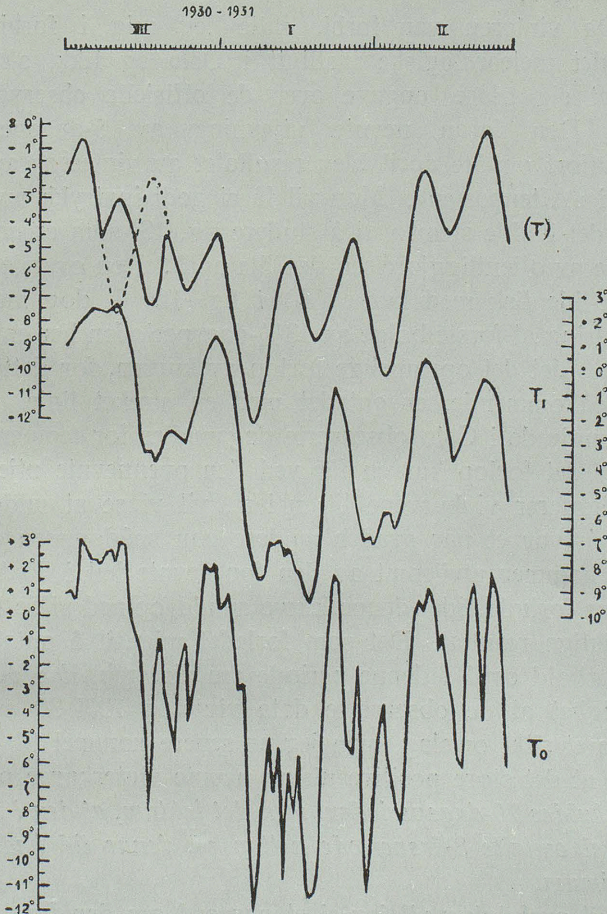


Fig. 13. Temperaturen for Oslo for vinteren 1930—31.
Resultat av spådommene.

vinterens begynnelse 1ste desember. Dessverre blev artikklen liggende og først trykt den før nevnte dato 20de desember. I vinterens løp fulgte jeg godt med i de temperaturer avisene pleier å angi og det var ganske spennende, idet det til å begynne med, så ut som det hele stemte meget slett.

Imidlertid blev jeg snart klar over at grunnen var den at omslaget for $13\frac{1}{2}$ -dagsbølgen var forsinket — omslaget infant sig først omkring 20de desember. Fra nu av stemte det ganske godt.

Da vinteren var forbi, satte jeg mig i forbindelse med det meteorologiske institutt i Oslo og fikk, så snart det lot sig gjøre, opgave over de offisielle observasjonsdata. Den foran nevnte utjevning av 5-dagsperioden blev utført og 5te april blev resultatet av vinterens spådom trykt i »Aftenposten«. Man vil få et godt inntrykk av hvorledes det hadde stemt ved å studere fig. 13, som er en gjengivelse av offentliggjørelsen den 5te april. Den øverste kurve (T) er identisk med kurve (T_I) i fig. 12 — dog med den forandring at første bølge av $13\frac{1}{2}$ -dagsperioden her er snudd op-ned, idet det oprinnelige forløp av kurven, for dette stykkes vedkommende, er antydnet med en streket linje. Kurve T_0 gjengir de i Oslo observerte dagsmidler for temperaturen og T_I det forløp kurven får ved den ovennevnte utjevning.

Studerer vi kurvene litt næiere, vil vi se at midten av vinteren var et par grader mildere enn spådommen angav. Dette kommer utvilsomt av den før nevnte feil i 70-dagsperiodens forhold, idet denne kurve snudd op-ned vilde ha gitt det riktige resultat. Det som forledet mig til å anta negativt forhold også i denne periode om vinteren, lå i den omstendighet at de observerte data vinteren 1929/30 synes å fordre et slikt omslag, men jeg er senere kommet til det resultat at det store positive utslag nevnte vinterkurve opviste, *ikke skyldes 70-dagsperioden, men det faktisk, at den i forrige artikkel omtalte 8-årsperiode nettop på denne tid hadde sitt maksimum.*

Til avslutning vil jeg si et par ord om den før omtalte 5-dagsperiode. Jeg har ved flere leiligheter nevnt at der blandt de periodiske elementærkurver for temperaturen forekommer en meget kort bølge, som ikke er tatt hensyn til ved den syntetiske konstruksjon. For å få en formålstjenlig sammenligningskurve for sammendragningen av elementene har vi derfor måttet eliminere denne variasjonsbølge, hvis gjennemsnittlige bølgelengde kan settes til mellom 4 og 5 dager.

For vinteren 1930/31 er den således 4.6 dager. I fig. 14 har vi øverst den utskilte 5-dagsperiode for vinteren 1930/31 og under denne en syntetisk rekonstruksjon. Også i dette tilfelle har vi for oss en diskontinuerlig periode, hvis omslag synes å opptre temmelig uregelmessig. På grunn av denne uregel-

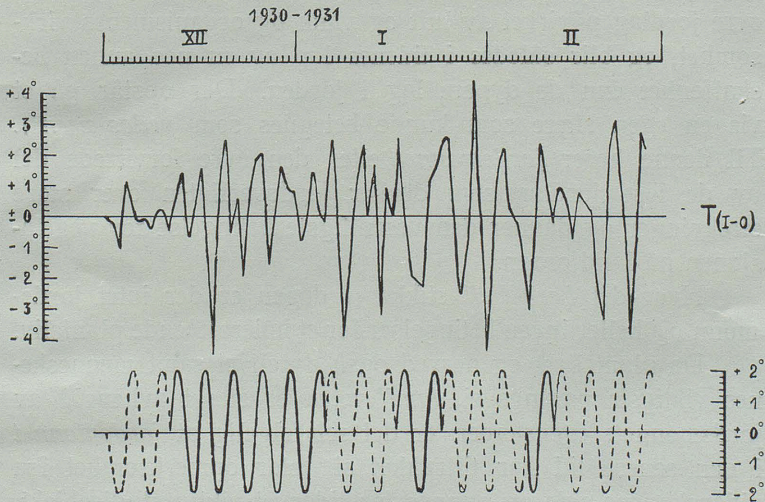


Fig. 14. 5-dagsperioden i temperaturen for Oslo. Øverst den observerte kurve, under denne den syntetiske rekonstruksjon.

messige optreden av omslagene, er det liten mening i å ta den med i en eventuell prognose og det har forøvrig også liten interesse, idet man her kommer over i så små tidsperioder at den almindelige værvarsling vil kunne gi bedre opplysninger enn man vil opnå ved å medta dette element i forutsigelser på lang sikt.

Om Norges jordsmonn.¹⁾

Av professor dr. K. O. Bjørlykke.

Jordskorpens overflate grenser mot atmosfæren og er tumleplass for en masse organiske vesener. Derved blir det øvre jordlag påvirket av luft og vann og organismenes virksomhet, og blir således i tidenes løp av en noe annen beskaffenhet enn de dypere lag i jorden. Der oppstår på et vis en egen sfære som kunde betegnes som *pedosfæren*²⁾. Til denne hører *jordsmonnet* eller den øvre forvitrede del av de løse jordlag som dekker jordoverflaten over store strekninger og danner den vesentligste betingelse for vegetasjonen på landjorden.

Hvor det *bare fjell* stikker i dagen er der intet jordsmonn og heller ingen betingelser for et hoierstående planteliv.

Da plantelivet og derved også dyrelivet samt menneskenes viktigste næringsvei, *landbruket*, er sterkt avhengig av jordsmonnets egenskaper, er det selvfølgelig at *jordsmonnet* i den senere tid har tiltrukket sig stor oppmerksomhet fra videnskapens side og danner for tiden et viktig studieobjekt. Denne studiegren går i de forskjellige land under forskjellige navn som *agrogeologi*, *pedologi*, *bodenkunde*, *soil science*, *marklære*, *jordbunnslære* eller simpelthen *jordlære*. (Sistnevnte betegnelse kan dog lett forveksles med *geologi*, som likefrem oversatt betyr jordlære eller videnskapen om jorden).

De eldre pedologer gikk ut fra at jordsmonnets egenskaper bare var avhengig av det materiale, hvorav det var oppstått, men allerede i siste halvdel av forrige århundre kunde professor E. W. Hilgard i Kalifornia påvise forskjellen på jordsmonnet i de *humide* og *aride* regioner, og omtrent på samme tid opstod *den russiske skole*, med professor B. D o k o u t c h a i e v som fører, med påvisning av jordsmonnets sonale utbredelse i store klimatiske jordbunns-

¹⁾ I noget utvidet form er denne artikkel også trykt i „Norsk geologisk tidsskrift“, 1931. Bd. XII.

²⁾ Av gr. pedon, jordbunn.

regioner, svarende til de klimatiske soner, altså *jordsmonnets avhengighet av klimaet*.

Derved innførtes i litteraturen for Russlands vedkommende de store soner av *tundrajord*, *podsoljord* og *brunjord* i nord, *svartjord* (tschernoziem) og *kastanjejarvet steppejord* i syd, foruten en del andre sonale og asonale jordbunnsgrupper eller jordbunnstyper.

Ved *jordprofilstudier* påviste russerne at jordsmonnet også var forskjellig i vertikal retning og at man i almindelighet kunde adskille tre forskjellige skikt eller lag:

A-laget øverst med iblanding av humus — svarende til *matjorden* hos den dyrkede jord.

B-laget derunder, adskillende sig ved farve og struktur fra den dypereliggende jordart — svarende til *plogbunnlaget* hos den dyrkede jord.

C-laget eller den *ekte undergrunnsjord*, tilhørende den oprinnelige geologiske jordart som ikke var undergått noen videre merkbar forandring efter sin dannelselse.

Hos hvert av disse lag kunde man igjen tildels adskille forskjellige skikter som for eksempel A₀ (gressvoren), A₁ og A₂ o. s. v.

A- og B-laget, som i almindelighet viser sig i større eller mindre grad forandret og forskjellig fra undergrunnsjorden, danner da *jordsmonnet*, mens C-laget er den oprinnelige geologiske jordart som er moderjorden til jordsmonnet.

A-laget representerer i de nedbørrike strøk den øvre *utlutede* horisont, B-laget den oftest rustfarvede, tildels *anrikede* (illuviale) horisont; sistnevnte kan dog undertiden mangle, særlig i de aride eller semiaride strøk.

I noen tilfelle er jordprofilet ikke tydelig utviklet; man får da hvad amerikanerne kaller et *»umodent«* jordprofil.

Består jorden kun av mineralkorn uten synlig forvitring eller lagdeling, har man en *»skelettjord«*.

Allerede D o k o u t c h a i e v påviste at jordprofilets utvikling ikke bare skyldtes klimaet, men at også andre faktorer spilte en rolle for jordsmonnets dannelselse. De viktigste av disse faktorer var vegetasjonen, relieff, vann, jordart og tiden.

I all slags klima vil *skogen*, hvor den kan trives, utvikle en typisk *skogjord* og gressartene en annen *type*. *Relieffet* eller heldninger i terrenget bevirker flytning av jordbestand-deler fra høiereliggende til lavereliggende steder. *Vannet* i jorden og grunnvannstanden har også stor betydning for jordsmonnsdannelsen. I de fleste tilfelle vil også *jordarten* sette sitt preg på jordsmonnet. Endelig er *tiden*, hvori forvitringen har virket, av stor betydning for jordsmonnets utvikling og egenskaper.

Av disse faktorer har dog den russiske skole hittil lagt forholdsvis liten vekt på selve *jordarten* eller *undergrunns-jorden*, da man har kunnet påvise at den bestemte klimatiske jordbunnstype i Russland finnes utviklet uavhengig av undergrunnsjordens beskaffenhet. Den russiske svartjord f. eks. kan således være likeså karakteristisk utviklet der, hvor den hviler på løss som der, hvor den hviler på en forvittringsjord av granitt. En undtagelse gjorde man dog, hvor undergrunns-jorden var særlig rik på kalkkarbonat. I dette tilfelle fikk man i Russland en humusrik og kalkrik jordbunnstype, som de benevnte *randzina*.

I den senere tid har der dog hevet sig røster også i Russland som hevder en større hensyntagen til jordartens petrografiske beskaffenhet og en dertil svarende klassifikasjon. Den samme opfatning har også gjort sig gjeldende hos jordbunnsforskere i andre land.

Utviklingen synes således å gå i den retning, at man ved siden av *den klimatiske jordbunnsklassifikasjon* også behøver en *petrografisk klassifikasjon*, eller med andre ord at hver av de klimatiske jordbunnsregioner igjen bør inndeles i *petrografiske grupper* etter undergrunnsjordens beskaffenhet.

Professor Polynov vil dog ikke for jordsmonnets vedkommende følge den petrografiske inndeling av bergartene helt ut, men innføre en noe modifisert petrografisk klassifikasjon for jordartene. For de av *sedimentære bergarter* opstående jordarter foreslår han tre petrografiske grupper:

1. Jordarter som er opstått av *karbonatbergarter*. De pleier utmerke sig ved større rikdom på humus, noitral eller alkalisk reaksjon og lite fremskreden utlutning.

2. Jordarter opstått av *kvartssandig* undergrunnsjord, sandterrasser og lignende.

Hos dem viser jordsmonnet sig å være sterkt podsolert (utlutet), med sjelden over 2.5 pct. humus, uten illuvial kalkkarbonathorisont, men i humide strøk oftest med ortsteinsdannelse og anrikning av sesquioksyder.

3. Jordarter opstått av *lerbergarter*.

Lerbergartene er jo selv for en vesentlig del opstått av sekundære forvittringsprodukter og de er derfor fattige på primære mineraler.

De *eruptive bergarter* og de *krystallinske skjire* kan slås sammen i en gruppe som utmerker sig ved sin rikdom på *primære mineraler*. Denne gruppe kan dog igjen deles i de kiselsyrerike eller *sure bergarter* og i de kiselsyrefattige eller *basiske bergarter*.

De basiske bergarter forvittrer lettere og hurtigere enn de sure og gir lerrike og zeolithholdige forvittringsprodukter, mens de sure bergarter gir mere sandige og til dels kaolinitholdige produkter.

Forvittringsjord av diabaser, basalter og andre basiske bergarter gir jernholdige lerjorder som utmerker sig ved sin fruktbarhet (bøkeskog), mens de sure bergarter gir en mindre fruktbar jord som egner sig best for nåletrær.

Av de krystallinske skjifre kan man til de sure bergarter henføre gneis, fylliter og glimmerskifre, og til de basiske hornblende-, kalk- og kloritskifre.

Der blir altså efter det foran anførte to mere fremtredende inndelingsprinsipper, hvorefter jordsmonnet kan inndeles:

1. Efter de *klimatiske* forhold.
2. Efter jordartenes *petrografiske* beskaffenhet.

Da både klima og fjellgrunn kan være meget forskjellig i de forskjellige strøk og i de forskjellige land, kommer der til å bli noe *stedegent* eller *nasjonalt* ved jordsmonnets egen-

skaper i de forskjellige stater. De russiske eller amerikanske jordbunnsundersøkelser kommer oss således til forholdsvis liten direkte nytte, da forholdene i disse land er forskjellige fra forholdene hos oss. Vi blir derfor nødt til selv å ta oss av studiet av jordsmonnet her i landet under hensyntagen til både de klimatiske og petrografiske forhold som her gjør sig gjeldende. Et spesielt forhold er særlig fremtredende hos oss og det er at vårt jordsmonn er av forholdsvis ung alder, tilhørende kvartærtiden, mens man i andre land f. eks. både i Russland og i Nord-Amerika over store strøk har et eldre jordsmonn som skriver sig fra langt eldre geologiske tider. Derved kommer det norske jordsmonn til å bli langt rikere på primære mineraler enn det eldre jordsmonn i andre land som for en stor del består av sekundære forvitningsprodukter. Det er således påvist av J. H e n d r i c k og G. N e w l a n d s, at det skotske jordsmonn, som for det meste er opstått av moreneavleiringer med eruptivt og krystallinsk materiale, er meget rikere på primære uforvitrede mineraler med et stort forråd av kjemiske baser enn det engelske jordsmonn som for størstedelen er opstått av eldre sedimentære formasjoner med sekundære forvitningsmineraler og lite innhold av de nevnte kjemiske baser.

Dette vil således få adskillig betydning for jordsmonnets petrografiske egenskaper.

For vårt lands vedkommende er vi nu kommet så langt at vi ved hjelp av jordprofilstudier har kunnet inndele vårt lands jordsmonn i *fire klimatiske jordbunnsregioner*, vesentlig efter nedbørsforholdene og jordsmonnets anriking eller utlutning:

1. *Høijellsregionen* med vesentlig mekanisk forvitring i et nivalt klima.
2. *Det centrale Norges region* med *liten nedbør* (ca. 250—500 mm.) og *anrikt jordsmonn*.
3. *Østlandets region* med *midlere nedbør* (500—1000 mm.) og *svakt utlutet jordsmonn*.

4. *Kyststrøkets region med stor nedbør (1000—3000 mm.) og sterkt utlutet jordsmonn.*

Tidligere har man gjerne gått ut fra at vårt land stort sett tilhørte en humid sone med mere eller mindre sterkt utlutet jordsmonn, svarende til russernes *podsolregion*. Men allerede i 1911 gjorde jeg i en opsats »En »hardpan«-danneelse i Norge i arid klima« opmerksom på at vi også i vårt land har strøk med arid klima og dertil svarende jordsmonn. I mindre publikasjoner i 1916 og 1923 (7 og 8) påpekte jeg noe nærmere den betydelige forskjell i stofflig henseende mellom jordsmonnet i det centrale Norge, hvor »saltbitterjorden« i Gudbrandsdalen som i middeltall av 16 analyser (opløselig i 10 pct. saltsyre) inneholdt 0.22 pct. fosforsyre, 0.40 pct. kali og 0.82 pct. kalk, mens jordsmonnet i Kvams herred i Hardanger som middeltall av 12 analyser kun inneholdt 0.04 pct. fosforsyre, 0.06 pct. kali og 0.08 pct. kalk (8).

Senere undersøkelser og profilstudier har stadfestet dette, og i »Jordarter og jordprofiler i Norge« gav jeg i et foredrag ved den 1. internasjonale jordbunnskongress i Washington i 1927 en foreløbig oversikt over hele landet, illustrert ved enkelte karakteristiske analyserte jordprofiler fra de forskjellige landsdeler.

Det jordprofil som efter den russiske skoles lære skulde være typisk for vårt land som tilhørende podsolregionen med mere eller mindre sterkt utlutet jordsmonn, er det såkalte *podsolprofil* eller *kvitmêleprofil* som hos det naturlige jordsmonn utmerker sig ved at der under *humusdekket* (A_1) følger et avbleket *hvitt* eller *askegrått* skikt (A_2) (podsol eller kvitmêle) og derunder et *rustfarvet* skikt (B.) som kan være så anriket på jernforbindelser eller humusstoff at sand- og gruskornene er sammenkittet til en fast masse (ortstein eller aurhelle). Dette brune skikt blekner av nedover mot *den normalfarvede undergrunnsjord* (C.). Dette profil er også ganske almindelig hos oss, særlig hos sand- og grusjord, men også hos lerjord kan man til dels treffe et sådant avbleket skikt under humuslaget dannende den såkalte *kvittlere*.

Disse for jernforbindelser og andre stoffer sterkt ut-

lutede profiler skulde være mest almindelige eller karakteristisk for de nedbørsrike strøk, mens man i de nedbørsfattige skulde vente å finne et på oppløselige stoffer anriket jordsmonn, hvilket også som tidligere nevnt er tilfelle.

Vårt land kan altså efter nedbørsforholdene og jordsmonnets art deles i *de nedbørsfattige eller aride strøk* i det centrale Norge med *anriket jordsmonn* og resten av landet, hvor den normale årlige nedbør overstiger 500 å 600 mm., som *fuktige eller humide strøk* med mere eller mindre *utlutet jordsmonn*.

De aride strøk ligger på østsiden av høideryggen (fjellkjeden) som har beskyttet dem for de fuktige havvinde fra vest. Derfor synker den normale årlige nedbør eksempelvis i Skjåk ned til 256 mm., i Dovre til 382 mm. og på Lesja til 297 mm.

Her utkrystalliseres salter i overflaten hos den såkalte »saltbitterjord«.

Profilene fra dette strøk viser i almindelighet intet anrikningsskikt (B.) under humuslaget. På de fleste steder mangler altså B-laget eller skjules av det humusholdige A-lag hos den dyrkede jord. Hos det naturlige jordsmonn kan man derimot til dels finne et av jernforbindelser svakt farvet lag like under det forholdsvis tynne humusskikt og hos sand- og grusjorder kan der også optre et tydelig podsolprofil, men dette er forholdsvis sjelden.

Fra Skjåk er analysert 4 jordprofiler. Disse viser som middeltall:

I A-skiktet (0—20 cm.s dyp): 0.81 pct. CaO, 0.35 pct. K₂O,
0.17 pct. P₂O₅, 1.49 pct. Fe₂O₃.

I B-skiktet (20—40 cm.s dyp): 0.61 pct. CaO, 0.40 pct. K₂O,
0.17 pct. P₂O₅, 1.64 pct. Fe₂O₃.

I C-skiktet (40—50 cm.s dyp): 0.39 pct. CaO, 0.37 pct. K₂O,
0.16 pct. P₂O₅, 1.59 pct. Fe₂O₃.

De samme profiler viste som middeltall av reaksjonstallene¹⁾ i de 3 skikter: pH 7.79 (A) — 7.86 (B) — 7.49 (C).

¹⁾ Reaksjonstallene er ledd i logaritmiske funksjoner og kan således ikke gi *virkelige* middeltall, men kun *tilsynelatende*.

Et enkelt profil i dyrket morenelere fra Sandbu i Vågå viste:

I A-skiktet (0—20 cm.): 2.48 pct. CaO, 0.83 pct. K₂O, 0.16 pct. P₂O₅, 4.84 pct. Fe₂O₃.

I B-skiktet (20—40 cm.): 2.61 pct. CaO, 0.83 pct. K₂O, 0.08 pct. P₂O₅, 1.67 pct. Fe₂O₃.

I C-skiktet (40—60 cm.): 0.79 pct. CaO, 0.80 pct. K₂O, 0.15 pct. P₂O₅, 2.15 pct. Fe₂O₃.

Fra Dovre er analysert 5 profiler av mjele eller fin sandjord, derav 3 av dyrket jord, 1 av gammel gressmark og 1 gammel skogmark. Disse inneholdt som middeltall (podsofilet ved Dovre kirke ikke medtatt):

I A-skiktet: 0.65 pct. CaO, 0.17 pct. K₂O, 0.16 pct. P₂O₅, 3.31 pct. Fe₂O₃.

I B-skiktet: 0.40 pct. CaO, 0.27 pct. K₂O, 0.12 pct. P₂O₅, 4.16 pct. Fe₂O₃.

I C-skiktet: 0.44 pct. CaO, 0.28 pct. K₂O, 0.13 pct. P₂O₅, 3.61 pct. Fe₂O₃.

To av disse profiler viste en alkalisk reaksjon i matjordlaget, de andre sur reaksjon. Som middeltall av reaksjonstallene for de fem profiler: pH 6.40 (A), 6.34 (B) og 6.14 (C).

Surheten er altså mindre hos jordsmonnet enn hos undergrunnsjorden.

Av de ved analysene bestemte stoffer er *kalken* den mest lettopløselige og også det viktigste for jordsmonnets heldige egenskaper, for dets reaksjon og for dets fruktbarhet.

Jordsmonnets avhengighet av fjellgrunnens bergarter eller de *petrografiske forhold* er ennå lite undersøkt. Bekjent er dog, at jordsmonn opstått av *lite omvandlede kambrisk-siluriske bergarter* gir Norges beste jord, slik som vi har den på begge sider av Mjøsen, Hadeland, Ringerike, Asker og Bærum og i Skienstrakten.

Efter de i senere år analyserte 6 jordprofiler av dyrket jord på Hedemarken (Fjeldstad, Veå, Vidarshov, Moistad og

Jønsberg) inneholder det av kambrisk-siluriske bergarter opståtte jordsmonn i gjennemsnitt eller som middeltall:

I A-skiktet (0—20 cm.): 0.65 pct. CaO, 0.15 pct. P₂O₅, 0.05 pct. K₂O, 3.62 pct. Fe₂O₃, pH 6.48.

I B-skiktet (20—40 cm.): 0.57 pct. CaO, 0.12 pct. P₂O₅, 0.04 pct. K₂O, 5.43 pct. Fe₂O₃, pH 6.49.

I C-skiktet (40—60 cm.): 0.60 pct. CaO, 0.13 pct. P₂O₅, 0.06 pct. K₂O, 4.28 pct. Fe₂O₃, pH 6.54.

Disse 6 jordprofiler av kambrisk-silurisk materiale utmerker sig ved sin rikdom på kalk, de er også forholdsvis rik på fosforsyre og jern, men noe fattig på kali. Reaksjonen er i gjennemsnitt svakt sur til nøytral i alle skikter.

Lignende forhold finner man også for den dyrkede silurjord i andre lite omvandlede silurtrakter i Oslofeltet.

Den udyrkede jord og da særlig skogbunnsjorden i disse trakter er noe sterkere utlutet, fattigere på plantenæringsstoffer og har som oftest en sur reaksjon.

Fyllitjorden innen de omvandlede fjellkjedestruk i det trondhjemske, centrale del av landet og noen steder på Vestlandet er også opstått av kambrisk-silurisk materiale, vesentlig lerskifte i omvandet form som *glinsende skifre*, og er som sådanne litt hårdere enn de uomvandlede lerskifre og rikere på sericit eller fine glimmerskjell.

4 jordprofiler av *fyllitmorenejord* fra Foldal (Nilsgård, Sveen, Furuhovdet, Småbakksetrene) beskrevet av Ivar A. Streitlien, inneholdt i gjennemsnitt:

I *matjorden*: 0.60 pct. CaO, 0.04 pct. P₂O₅, 0.05 pct. K₂O, 3.35 pct. Fe₂O₃, pH 6.07.

I *undergrunnsjorden*: 0.30 pct. CaO, 0.08 pct. P₂O₅, 0.11 pct. K₂O, 4.11 Fe₂O₃, pH 6.07.

2 jordprofiler av *fyllitmorenejord* fra Klones i Vågå, det ene av dyrket jord, det annet av udyrket jord, inneholdt i gjennemsnitt:

I A-skiktet: 1.0 pct. CaO, 0.12 pct. P₂O₅, 0.07 pct. K₂O, 3.86 pct. Fe₂O₃, pH 5.9.

I B-skiktet: 0.69 pct. CaO, 0.11 pct. P₂O₅, 0.06 pct. K₂O,
3.47 pct. Fe₂O₃, pH 6.4.

I C-skiktet: 0.50 pct. CaO, 0.13 pct. P₂O₅, 0.11 pct. K₂O,
4.67 pct. Fe₂O₃, pH 6.3.

4 jordprofiler av dyrket *morenejord av fyllitmateriale* fra forsøkgården Løken i Valdres inneholdt i gjennomsnitt:

I A-skiktet: 0.48 pct. CaO, 0.20 pct. P₂O₅, 0.04 pct. K₂O,
4.66 pct. Fe₂O₃, pH 5.8.

I B-skiktet: 0.28 pct. CaO, 0.17 pct. P₂O₅, 0.05 pct. K₂O,
4.30 pct. Fe₂O₃, pH 5.6.

I C-skiktet: 0.32 pct. CaO, 0.19 pct. P₂O₅, 0.03 pct. K₂O,
3.73 pct. Fe₂O₃, pH 5.7.

3 profiler av *fyllitjord*, såkalt *esjejord* og *esjeleir* fra Kvam i midtre Hardanger, beskrevet av J o h. L. L o f t h u s inneholdt i gjennomsnitt:

I *matjorden*: 0.05 pct. CaO, 0.02 pct. P₂O₅, 0.06 pct. K₂O.
I *undergrunnsjorden*: 0.10 pct. CaO, 0.03 pct. P₂O₅, 0.10
pct. K₂O.

Disse sistnevnte analyser kan dog ikke helt sammenlignes med de ovenfor anførte, da de tilhører en annen klimatisk region, den sterkt utlutede vestlandsjord. Dette viser berettigelsen av å holde de klimatiske regioner ut fra hinannen og nødvendigheten av ved sammenligning mellom de forskjellige petrografiske grupper å holde sig innen en og samme klimatiske region.

Fyllitjorden i det centrale Norge er forholdsvis rik på kalk og i noen grad også på fosforsyre og jern, men gjennemgående fattig på kali, ialfall i matjorden. Dette er påfallende, da fylliten er rik på kaliholdige glimmerminerale, men det må vel skrive sig fra at kali i glimmer er svakt bundet og blir derfor lett utlutet eller forbrukt.

Forresten danner fyllitformasjonen et varmt og fruktbart jordsmonn, om enn det ikke kommer op mot jordsmonnet innen den lite omvandlede silurformasjon på Østlandet.

Sparagmitformasjonen i det centrale Norge danner derimot et tarveligere jordsmonn og da særlig den lyse sparagmit som er fattig på lerskifre.

En dyrket elvesand av »reint sparagmittemne« fra Øyen i N. Atnedal inneholdt:

I *matjorden* (0—18 cm.): 0.18 pct. CaO, 0.08 pct. P₂O₅, 0.02 pct. K₂O, 2.16 pct. Fe₂O₃.

I *undergrunnsjorden* (18—100 cm.): 0.10 pct. CaO, 0.06 pct. P₂O₅, 0.02 pct. K₂O, 1.29 pct. Fe₂O₃.

Disse tall turde kanskje være karakteristisk for jordsmonnet av den lyse sparagmit.

Den mørke sparagmit i Gudbrandsdalen optrer i vekslende lag med lerskifre og gir derfor et noe bedre jordsmonn.

Jorden på Storhove landbruksskole pr. Lillehammer er visstnok for den vesentligste del opstått av mørk sparagmit. 3 analyserte jordprofiler herfra gav følgende resultat i gjennomsnitt:

I A-skiktet: 0.29 pct. CaO, 0.11 pct. P₂O₅, 0.05 pct. K₂O, 2.25 pct. Fe₂O₃, pH 5.4.

I B-skiktet: 0.24 pct. CaO, 0.13 pct. P₂O₅, 0.04 pct. K₂O, 3.33 pct. Fe₂O₃, pH 5.5.

I C-skiktet: 0.25 pct. CaO, 0.14 pct. P₂O₅, 0.07 pct. K₂O, 3.43 pct. Fe₂O₃, pH 5.7.

Denne jord har et midlere innhold av kalk, fosforsyre og jern og et mindre innhold av kali.

Reaksjonen har også en midlere verdi (middels sur).

Grunnjellsformasjonen, som vesentlig består av granitt og gneis, danner ca. 44 pct. av fjellgrunnen i vårt land; men dyrkbar steddannet forvittringsjord av denne formasjon er sjelden, dens materiale inngår dog i de løse jordlag, i morener og i sand- og gruslag. Å studere nærmere disse jordlags stofflige innhold har dog hittil ikke vært forsøkt. Her skal bare nevnes et par eksempler.

Fjellgrunnen i større omkrets omkring Kongsvinger består av grunnfjell. Herfra foreligger 3 analyserte jordprofiler: 1 av skogbunnsjord med kvitmêle fra sydenden av Føsker-

sjøen, 2 av kvabbjord med gammel gressmark fra gården Malmer, 3 av morenejord med granskog fra sydsiden av Liberget i Vestmarken. Alle de nevnte steder ligger i syd for Kongsvinger.

Disse 3 jordprofiler inneholdt i gjennemsnitt:

I A-skiktet: 0.11 pct. CaO, 0.06 pct. P₂O₅, 0.03 pct. K₂O, 1.23 pct. Fe₂Al₂O₃, pH 4.5.

I B-skiktet: 0.07 pct. CaO, 0.09 pct. P₂O₅, 0.02 pct. K₂O, 2.13 pct. Fe₂Al₂O₃, pH 5.6.

I C-skiktet: 0.13 pct. CaO, 0.09 pct. P₂O₅, 0.06 pct. K₂O, 1.46 pct. Fe₂Al₂O₃, pH 5.7.

Profilene viser noen utluting av kalk og kali i B-skiktet og er i det hele fattige på plantenæringsstoffer.

I de indre strøk av Sørlandet består fjellgrunnen også utelukkende av grunnfjell, gammel granitt. Som eksempel kan anføres et par jordprofiler, et av udyrket morenegrus fra Risland i Åmli, Aust-Agder, og et av samme jordart ved Skår i Greipstad, Vest-Agder. Disse to profiler inneholdt i gjennemsnitt:

I jordsmonnet: 0.05 pct. CaO, 0.01 pct. P₂O₅, 0.02 pct. K₂O, 3.66 pct. Fe₂O₃, pH 4.97.

I undergrunnsjorden: 0.12 pct. CaO, 0.06 pct. P₂O₅, 0.07 pct. K₂O, 3.11 pct. Fe₂O₃, pH 5.14.

Også disse profiler viser sig fattig på plantenæringsstoffer og en sterkt sur reaksjon.

I *Møre fylke* består også fjellgrunnen vesentlig av grunnfjell, gneis og granitt. Herfra er beskrevet 20 analyserte jordprofiler.

Av disse inneholdt de 4 første i udyrket morenejord i gjennemsnitt:

I A-skiktet: 0.12 pct. CaO, 0.04 pct. P₂O₅, 0.08 pct. K₂O, 1.40 pct. Fe₂O₃, pH 5.07.

I B-skiktet: 0.15 pct. CaO, 0.08 pct. P₂O₅, 0.13 pct. K₂O, 2.42 pct. Fe₂O₃, pH 4.72.

I C-skiktet: 0.24 pct. CaO, 0.17 pct. P₂O₅, 0.19 pct. K₂O, 2.16 pct. Fe₂O₃, pH 5.05.

De andre tilsvarende profiler fra Møre viser et noenlunde lignende innhold. Jordsmonnet i Møre viser sig sterkt forvitret og utlutet, men den mere uforandrede undergrunnsjord er forholdsvis rik på plantenæringsstoffer, dog er kalkinnholdet ikke stort.

Et interessant jordprofil tok jeg for et par år siden ved gården Fonn i Stardalen, nordøstlig i Jølster, like inn mot Jostedalsbrens ene arm, Fonnbreen. Fra denne renner en breelv gjennom Fonnsdalen og har avsatt en fin evjesand i dalbunnen ved gården Fonn, den øverste gård i dalen. Det er ingen tvil om at denne fine sandjord er ført med breelven og opstått av den fine sand som breen har skuret løs av fjellgrunnen; denne består her av grunnfjell (grå gneis, øie-gneis og granittiske partier).

Den kjemiske analyse viste at dette profil inneholdt:

- I A-skiktet (0—30 cm.): 0.91 pct. CaO, 0.52 pct. P₂O₅, 0.44 pct. K₂O, 3.14 pct. Fe₂O₃, pH 5.2.
- I B-skiktet (30—45 cm.): 0.84 pct. CaO, 0.38 pct. P₂O₅, 0.51 pct. K₂O, 2.91 pct. Fe₂O₃, pH 5.5.
- I C-skiktet (45—60 cm.): 0.73 pct. CaO, 0.45 pct. P₂O₅, 0.36 pct. K₂O, 286 pct. Fe₂O₃, pH 5.6.

Profilet er et såkalt »umodent« profil; det viser ingen tydelig forvitring eller utluting, men materialet, som må opfattes som mekanisk opknust gneis, viser sig usedvanlig rikt på plantenæringsstoffer, oppløselig i 10 pct. saltsyreopløsning. Det stadfester regelen, at et *ungt* jordsmonn pleier være rikere på plantenæringsstoffer enn et gammelt.

Jordsmonn opstått av *ynge eruptive bergarter* er heller ikke nærmere undersøkt hittil. Et enkelt eksempel kan nevnes. En jordprøve blev innsendt i 1915 fra Menstadseterskogen ved Åsterød i Gjerpen. Eieren hadde kjørt den på åkeren som gjødsel og sett bedre virkning av den enn av naturlig gjødsel. Ved kjemisk analyse viste den sig å inneholde 1.15 pct. fosforsyre, 0.52 pct. kali og 3.64 pct. kalk. Ved mitt besøk på stedet i 1927 viste denne jordart sig å være en *morenejord opstått av essexitmelafyr*, som står i den østre dalside mellem Porsgrunn og et stykke nord for Skien. Ved

en senere analyse i 1927 av en dette år uttatt prøve fantes den å inneholde 1.22 pct. fosforsyre, 0.37 pct. kali og 2.79 pct. kalk, altså *en usedvanlig næringsrik jord* opstått av den nevnte vulkanske dagbergart. Denne bergart forekommer også på Jeløya ved Moss og på en del andre steder i Oslofeltet. De yngre vulkanske dagbergarter er også i andre land bekjent for å danne et fruktbart jordsmonn (Italia, Island o. s. v.).

Morenejordenes materiale kan i noen tilfelle være flyttet lange veier av isen, men oftest er det dog opstått av fjellgrunnen på stedet eller i nærheten. Dette kommer av at hovedmassen av morenene blev avsatt og etterlatt under isens avsmeltning og tilbakerykning. Regelen er at i de perifere deler av vårt land kan morenematerialet være flyttet betydelige strekninger, men i de centrale deler av landet består morenene vesentlig av materiale fra fjellgrunnen i nærheten, og får da karakteristiske egenskaper etter dette. Morenematerialets avstamning kan avleses ved blokkteflinger.

De sedimentære jordarter som havlere og sand har derimot fått sitt opprinnelige materiale fra større områder og kan derfor vanskeligere forbindes med en bestemt fjellgrunns bergarter, dog må man anta at de finere lersorter har fått en vesentlig del av sitt materiale fra de bløte lettforviterlige siluriske bergarter, og de grovere lersorter mest fra hårdere krystallinske bergarter i fjellgrunnen. Karakteristisk er således de sandrike jordarter i Østerdalen, hvor fjellgrunnen vesentlig består av sparagmit, mens jordartene i søndre del av Gudbrandsdalen er mere lerholdige, da fjellgrunnen her er rikere på lerskifer. Fjellgrunnen setter altså i noen grad sitt preg på de løse jordlag selv hos de flyttede jordarter.

Dette er også, ialfall delvis, tilfelle med de i havet avsatte lerer. Av de ved Statens Råstoffkomité utførte kjemiske analyser av norske havlerer fremgår bl. a. at Trondhjemslerene i gjennemsnitt av 8 totalanalyser inneholder 4.61 pct. magnesia (MgO), mens det tilsvarende gjennemsnittstall for like mange analyser av Østlands-lerer kun var 2.72 pct. MgO. Dette må sikkert nok skrive sig fra at fjellgrunnen i det trond-

hjemiske er rikere på magnesiaholdige mineraler enn tilfelle er på Østlandet.

For jordsmonnets vedkommende har dog de senere forandringer ved klimaets innflytelse, beliggenhet og vegetasjon spillet den vesentligste rolle for det øvre jordlags nuværende egenskaper og utseende.

Småstykker.

Temperatur og nedbør i Norge.

(Meddelt ved *B. J. Birkeland*, meteorolog ved Det meteorologiske institutt).

Oktober 1931.

Stasjoner	Temperatur						Nedbør				
	Mid- del	Avv. fra norm.	Max.	Dag	Min.	Dag	Sum	Avv. fra norm.	Avv. fra norm.	Max.	Dag
	° C.	° C.	° C.		° C.		mm.	mm.	%	mm.	
Bodø.....	2.8	— 1.1	11	8	— 11	31	195	+ 79	+ 68	30	17
Tr.heim	4.1	— 0.6	14	1	— 11	25	169	+ 81	+ 92	21	8
Bergen (Fredriks- berg)	6.7	— 0.8	14	7	— 2	26	310	+ 103	+ 50	56	28
Oksø	8.0	— 0.2	15	17	— 2	26	59	— 42	— 42	19	29
Dalen....	4.8	— 0.1	14	2, 11	— 6	26	41	— 58	— 59	11	29
Oslo	5.9	+ 0.2	16	10	— 7	26	27	— 40	— 60	12	8
Lille- hammer	3.8	+ 0.2	14	13	— 10	26	29	— 31	— 52	18	8
Dovre....	0.6	— 0.3	11	7	— 17	25	43	+ 14	+ 48	15	8

Rettelse til august-tabellen: Trondheims temp.-middel skal være 11.9°, avv. fra norm. — 1.1 pct.

Nye bøker og avhandlinger.

Til redaksjonen er innsendt:

Povl Hammer: Tusindben (Myriopoda). 175 s. med 101 fig. (Nr. 35 i serien Danmarks Fauna, utgitt av Dansk naturhistorisk Forening). København 1931. (G. E. C. Gads Forlag).

Universitetets radioforedrag: Fra planteverden og dyreliv av Jens Holmboe, Thekla Resvoll, B. Lyng, Paul Løyning, L. R. Natvig, Jacob D. Sømme, Herman Løvenskiold, Johan Hjort. 157 s. Oslo 1931. (Forlagt av H. Aschehoug & Co.).

Axel Sømme: Verdensøkonomiens pulsårer. 183 s. Oslo 1931. (Forlagt av H. Aschehoug & Co.).

Nedbøriakttagelser i Norge. Årgang XXXVI, 1930. 81 s. med kart. Utgitt av Det norske meteorologiske Institutt. Oslo 1931. Kr. 3.00. (I kommisjon hos H. Aschehoug & Co.).

Norsk Geologisk Tidsskrift. Utgitt av Norsk Geologisk Forening. Tolvte bind. 590 s. Tilegnet prof. dr. W. C. Brøgger på hans 80-års fødselsdag, 10. november 1931. Med bidrag fra 34 norske forskere. Oslo 1931. (A. W. Brøggers Boktrykkeri A/S).

Nye bøker og avhandlinger.

Til redaksjonen er innsendt:

- Povl Hammer:** Tusindben (Myriopoda). 175 s. med 101 fig. (Nr. 35 i serien Danmarks Fauna, utgitt av Dansk naturhistorisk Forening). København 1931. (G. E. C. Gads Forlag).
- Universitetets radioforedrag:** Fra planteverden og dyreliv av Jens Holmboe, Thekla Resvoll, B. Lyng, Paul Løyning, L. R. Natvig, Jacob D. Sømme, Herman Løvenskiold, Johan Hjort. 157 s. Oslo 1931. (Forlagt av H. Aschehoug & Co.).
- Axel Sømme:** Verdensøkonomiens pulsårer. 183 s. Oslo 1931. (Forlagt av H. Aschehoug & Co.).
- Nedbøriakttagelser i Norge.** Årgang XXXVI, 1930. 81 s. med kart. Utgitt av Det norske meteorologiske Institutt. Oslo 1931. Kr. 3.00. (I kommisjon hos H. Aschehoug & Co.).
- Norsk Geologisk Tidsskrift.** Utgitt av Norsk Geologisk Forening. Tolvte bind. 590 s. Tilegnet prof. dr. W. C. Brøgger på hans 80-års fødselsdag, 10. november 1931. Med bidrag fra 34 norske forskere. Oslo 1931. (A. W. Brøggers Boktrykkeri A/S).
-