



# NATUREN

**ILLUSTRERT MAANEDSSKRIFT FOR  
POPULÆR NATURVIDENSKAP**

UTGIT AV BERGENS MUSEUM, REDIGERT AV PROF. JENS  
HOLMBOE MED BISTAND AV PROF. DR. AUG. BRINKMANN, PROF.  
DR. BJØRN HELLAND-HANSEN OG PROF. DR. CARL FRED. KOLDERUP.

JOHN GRIEGS FORLAG - BERGEN

Nr. 6—8

44de aargang - 1920

Juni—august

## INDHOLD

V. BJERKNES: Det nye optiske fænomen og Einsteins relativitetsteori .....	161
HANS W:SON AHLMANN: Nogen træk fra den norske topografis historie .....	187
W. WERENSKIOLD: Spitsbergens fysiske geografi .....	209
BOKANMELDELSER: Oscar Hagem: Arvelighetsforskning (Jens Holmboe). — O. G. Petersen: Forstbotanik (J. H.) .....	242
SMAASTYKKER: G. Isachsen: Norske fangstmænds og videnskapsmænds indsats i utforsk- ningen av Spitsbergen-øgruppen i nyere tid. — Rolf Falck-Muus: Fra Norsk Geologisk Forening. — Jens Holmboe: Hvide blokkebær. — S. Hasund: Forsøk med ønskekvisken. — Th. Schjelderup-Ebbe: Cyklon paa Besserudtjernet .....	245

Pris 10 kr. pr. aar frit tilsendt

Kommissionær  
**John Grieg**  
Bergen

Pris 10 kr. pr. aar frit tilsendt

Kommissionær  
**Lehmann & Stage**  
Kjøbenhavn





# NATUREN

begyndte med januar 1920 sin 44de aargang (5te rækkes 4de aargang) og har saaledes naadd en alder som intet andet populært naturvidenskabelig tidsskrift i de nordiske lande.

## NATUREN

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

## NATUREN

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

## NATUREN

har i en række av aar, som en anerkjendelse av sit almennyttige formaal, av Norges Storting mottat et aarlig statsbidrag som fra 1ste juli 1920 er forhøiet til kr. 2500.

## NATUREN

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

## NATUREN

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

---



## Det nye optiske fænomen og Einsteins relativitetsteori.

Av prof. V. Bjerknes.

Den 6te november 1919 holdtes i det ærværdige Royal Society i London et møte som kommer til at mindes i videnskapens historie. Det var anordnet som et fellesmøte for Royal Society selv og Royal Astronomical Society. Temaet for forhandlingene var nemlig en fellespræstation av fysik og astronomi, — kanskje den viktigste siden tyngdeloven blev til under Newtons hænder. Jeg hadde den opplevelse at være tilstede i dette møte.

Det nye faktum som blev fremlagt er meget enkelt. Der hadde været solformørkelse den 29de mai samme aar. To engelske ekspeditioner hadde været utsendt til totalitetszonen og hadde fotografert solen og den omliggende gruppe fiksstjerner under solformørkelsen. Disse fotografier blev saa sammenlignet med andre fotografier av den samme gruppe fiksstjerner. Og den nøiagtige utmåling viste at fiksstjernerne syntes ganske svakt forskjøvet utover fra solen paa det billede som var tatt under formørkelsen. De fuldt optrukne piler paa figur 1 fremstiller disse flytninger i sterkt overdreven maalestok. De beïoper sig til ca. 1.6 buesekund for den stjerne som er nærmest solen, og avtar utover for de fjernere.

Saa smaa disse flytninger er, saa har de været store nok til at vække en sensation som kun har faa sidestykker i fysikens og astronomiens historie. Sammenhængen er at de har været forutsagt, og forutsagt ut fra den mest revolutionære



teori som disse videnskapers historie kjender, Einsteins relativitetsteori. De prikkede piler viser de efter denne teori forutberegnete forflytninger. Overensstemmelsen er ikke absolut, men dog saa stor man kan vente naar de uundgaelige feil ved utmaalingene tas i betragtning. Resultatet kan altsaa betragtes som en bekræftelse av Einsteins teori. Vi har da at ta standpunkt til det spørsmaal om det ogsaa

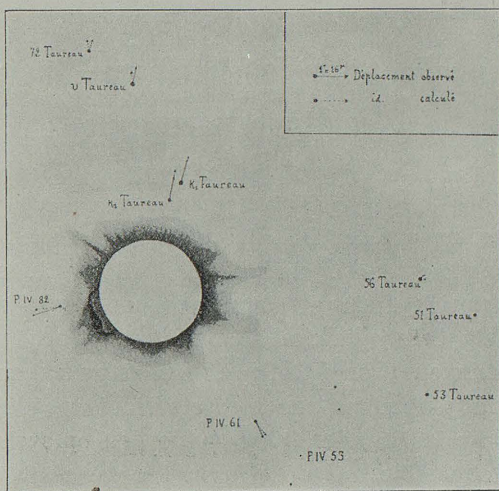


Fig. 1.

maa betragtes som en saadan bekræftelse, og hvad dette i saa fald vil si.

Som forberedelse skal vi først se paa det nye fænomen helt forutsætningsløst, som om det var fundet paa rent empirisk vei, uten nogen veiledning av den forutlende tanke.

### I. Er fænomenet nyt?

Stiller vi os helt forutsætningsløst, saa har vi først at se efter om vi kan tilbakeføre effekten til kjendte aarsaker.

Først kunde aarsaken ligge i ydre tilfældigheter, som rene instrument- eller observationsfeil. En forflytning av stjernernes plads fra den ene fotografiske plate til den anden vilde man f. eks. faa om platerne, som let kunde været tilfældet, hadde hat forskjellig temperatur ved de forskjellige fotogra-



feringer. Men forrykninger av denne oprindelse vilde hat en ganske anden karakter: stjerner nær platens rand vilde flyttet sig mest, og virkningen vilde avtat ind mot platens midtpunkt, motsat mot det figuren viser, at stjernerne nærmest solen er sterkest flyttet, og at virkningen avtar utad.

I det hele tør vi gaa ut fra at alle muligheter for forklaring ved tilfældigheter av denne art er blit saa omhyggelig undersøkt av de erfarne fagmænd, at vi kan føle os sikre paa at aarsaken er at søke, ikke i men utenfor instrumentene. Med andre ord, den gang solen saaes midt i stjernegruppen har lysstraalens gang mellem stjernen og kikkerten været en anden end den sedvanlige.

Nu er en retningsforandring av en lysstraale i og for sig meget dagligdags. En lysstraale brytes ved overgang fra ét gjennemsiktig legeme til et andet, og krummes jevnt ved forplantning gjennom et gjennemsiktig legeme med jevnt foranderlig temperaturfordeling.

Et saadant gjennemsiktig legeme har nu lysstraalerne i hvert fald passeret paa sin vei fra fiksstjernerne til den fotografiske plate, nemlig jordens atmosfære. Og her har man tænkt sig muligheten av en forklaring. Under formørkelsen kaster maanen en kegleformet skygge i jordatmosfæren. Indenfor denne skygge maa luftens temperatur være noget lavere end utenfor i solskinnet. Denne temperaturfordeling vil ganske rigtig gi en bøining av straalene ind mot skyggekeglen, og dette vilde ha til følge at stjernerne vilde synes forflyttet utover paa platen. Og hvad mere er, virkningen vilde være sterkest nær billedet av den formørkede sol, og avta utover. Imidlertid kan man her anstille beregninger over hvor stor virkning dette vilde gi, og resultatet synes at peke bestemt i negativ retning: lysbrytning i jordens atmosfære kan ikke være grunden.

Men naar saa er tilfælde, kan man spørre: Kan ikke solen være omgitt av en tilstrækkelig utstrakt lysbrytende atmosfære? Denne maatte i saa fald strække sig ut i adskillige soldiametres avstand fra solen, og her ha en betydelig tæthet. Den maatte da ogsaa antas at hemme merkbart kometenes bevægelse, naar disse nærmer sig solen næsten til berøring. Men hertil merker vi intet. Desuten vilde en



saadan atmosfæres tæthet tilta i geometrisk række indover om den var i likevægt i forhold til solen. Dette vilde gi en meget raskere tiltagen av lysbrytningen ind mot solranden end den figuren tyder paa. En gunstigere tæthetsfordeling i retning ind mot solen vilde man kunne faa i en atmosfære der holdt sig oppe ved et omløp som saturnringens. Men saameget vanskeligere vilde man da ha for at forklare den symmetri rundt solen, som virkningen synes at ha: hvordan vi vender saken, saa synes lysbrytningsteorien at briste.

Forholder dette sig rigtig, saa fremstiller den slutning sig som uavviselig: vi staar ovenfor et helt nyt optisk fænomen, som ikke har noget sidestykke i noget hittil utført eksperiment. Saadanne virkelige nyopdagelser betegner de store vendepunkter i videnskapens historie. Vi har derfor al grund til at staa forventningsfulde overfor den kommende utvikling.

Vi ser altsaa herefter paa astronomenes resultat som et nyt fysisk eksperiment. Og spørsmålet er hvordan vi skal forstaa det.

Ordet forstaa maa vi her med det samme fæste os ved. Nogen forstaaelse i absolut forstand kjender fysikerne ikke. At forstaa et nyt fænomen er at bringe det i den rette sammenheng med kjendte fænomener. Nogen forklaring ut over dette, at opklare sammenheng, kan vi ikke naa.

Det nye fænomen maa efter alt at dømme bestaa deri, at lysstraalen bøies idet den passerer solen. Nu er forholdene nær solen i mange maater forskjellige fra dem i vore laboratorier, hvor vi hittil har studert lysstraalernes forplantning. At de kan vise uanede eiendommeligheter under de nye forhold er ikke i og for sig noget at undres over. Muligheter til forklaring kan vi derfor tænke os flere av. Jeg skal nævne to.

## II. Virkning av lys paa lys?

Under sin vei forbi solen forplanter straaalen sig gjennom et lysfelt av en styrke og en utstrækning som aldrig ved noget eksperiment paa jorden. Nu sier eksperimentene i beskjeden laboratoriestil at lysstraaler krydses uten at forstyrre hinanden. Hver enkelt straaale fortsætter sin retlinjede gang



som om den ikke hadde møtt nogen anden straale. Men om dette er den nøiagtige lov, eller — som de fleste love vi kjender — kun en tilnærmet sandhet, vet vi ikke. Vi tør ikke benegte muligheten, eller endog en viss sandsynlighet av at et mægtig straalingsfelt, som det der omgir solen, tilslut maa kunne virke forstyrrende paa en fremmed straale.

Til opplysning kan vi sammenligne med et fænomen hvor vi kan gaa tilbunds. Der er en vidtgaende likhet mellem lys- og lyd-fænomener. Denne likhet var til stor hjælp ved grundlæggelsen av lysets bølge-teori. At lyd-fænomenerne ikke synes at ha samme skarpe straaleformige karakter som lys-fænomenerne, skyldes kun en ydre tilfældighet. Lydbølger er saa lange at de maales i meter, lysbølgerne saa korte at de maales i ti-tusendedels millimeter. Men ved de samme bølgelængder vilde vi faa lydstraaler like skarpe som lysstraalerne. Og disse lydstraalers teori kan vi utvikle fuldstændig, naar vi gaar tilbake til de hydrodynamiske ligninger, som her samler hele vor viden. Saken stiller sig da saa: De akustiske fænomener beskrives med en for alle sedvanlige øiemed tilstrækkelig nøiagtighet ved en forenklet form av disse ligninger, hvor kun led av »første orden« er bibeholdt. Disse forenklete ligninger siger at lydstraaler vil krydses uten at forstyrre hinanden. Men de strengt rigtige ligninger sier at i virkeligheten en forstyrrelse alltid vil finde sted. En lydstraale kan ikke forbli helt uberørt naar den forplanter sig tæt forbi en tilstrækkelig sterk lydkilde.

Av hvilken art forandringen vil bli, om det vilde gi en avbøining av lydstraalen eller kanskje helt andre fænomener, er ikke undersøkt. Problemet har endnu ikke fanget matematikernes interesse. Og forøvrig vilde resultatet ikke være avgjørende for det optiske spørsmål, da vi ikke vet hvor langt analogien mellom akustiske og optiske fænomener strækker sig og hvor den ophører.

Men det vil være fuldt berettiget at stille dette spørsmål: kan ikke ligningene for de optiske fænomener stilles i saadan form, at de vilde gi avbøining av en lysstraale der passerer tæt forbi en tilstrækkelig sterk lyskilde?

Skulde fænomenets forklaring ligge i denne retning, saa vilde det, etter alt at dømme, faa ganske overordentlige følger.



Ti de ligninger ved hvis hjælp man beskriver de optiske fænomener er de samme ved hvis hjælp man ogsaa beskriver alle fænomener av elektrisk eller magnetisk natur. Det er de berømte *maxwellske* ligninger, som nu behersker den halve fysik eller mere.

De maxwellske ligninger er det fuldkomneste samlede uttryk for tre ved direkte erfaring fundne naturlove: loven om tiltrækning mellem elektriske masser, loven om tiltrækning mellem magnetiske masser (de to Coulomb'ske love) og loven om virkningene av en elektrisk strøm paa en magnetisk masse (Ørsteds lov). Men at gi et samlet uttryk for tilsynelatende adskilte naturfænomener vil si at indordne dem i et almindeligere fænomenkompleks. Det gir et videre utsyn, saa man faar øie paa fælleskonsekvenser av de tilsynelatende adskilte naturlove. Til disse fælleskonsekvenser hørte sammensat elektrisk-magnetiske fænomener av bølgenatur. Eksistensen av saadanne elektriske bølger var altsaa forutsagt av *Maxwell's* teori, og forutsigelsen blev bekræftet ti aar efter *Maxwells* død ved *Hertz's* eksperimentelle opdagelse av disse bølger. Disse bølger hadde endvidere, efter *Maxwell's* teori og *Hertz's* eksperimenter, de eiendommeligheter som man efter alle optiske erfaringer tilskriver lysbølgerne. Konsekvensen var den elektromagnetiske lysteori, som indordner ogsaa alle lysfænomener i det elektromagnetiske fænomenkompleks.

Jeg har dvælet saa utførlig ved denne utvikling av to grunde.

For det første viser den os karakteren av de naturvidenskabelige forutsigelser. Disse beror ikke paa nogensomhelst profetisk gave hos os mennesker, eller enkelte benaadede blandt os. Vi forutsiger kun fænomener som er naturnødvendige konsekvenser av allerede kjendte naturfænomener. Forutsigelsen kommer naar det lykkes at gi en saa logisk rigtig beskrivelse av kjendte fænomener, at vi vinder utsyn til næste fænomen i samme kjede. Naar man saa ved eksperiment eller observation finder det forutsagte fænomen, saa gir dette en relativ bekræftelse av riktigheten av den teori som ledet til forutsigelsen. Men ogsaa kun en relativ bekræftelse. Ti absolut riktighet kunde vi i tilfælde kun tilskrive en teori som satte alle naturfænomener i fuld



logisk sammenhæng med hinanden. Men alle vore teorier, selv de mest omfattende, arbejder kun med brudstykker, og kan tilkjendes brukbarhet, eller, om man vil, relativ rigtighet kun indenfor mer eller mindre begrænsede omraader.

For det andet er det efter denne utvikling klart at vor indsigt i de fænomeners natur, som tilhører den elektrisk-magnetisk-optiske fænomengruppe, hviler paa tre naturlove. Men det nye optiske fænomen følger ikke av de maxwellske ligninger, og er altsaa ikke nogen konsekvens av disse tre love. Er det desuagtet, som en virkning av lys paa lys, selv et fænomen der helt tilhører den samme fænomengruppe, saa gir det en fjerde uavhengig grundlov som blir at sidestille med de tre gamle.

Men er dette tilfælde, saa har det vidtrækkende konsekvenser. Til at beskrive de elektromagnetiske fænomener anvender nemlig de maxwellske ligninger under de enkleste forhold fire av hinanden uavhengige størrelser: den elektriske feltstyrke og den magnetiske feltstyrke, den elektriske æterkonstant (dielektricitetskonstanten for det »tomme rum«), og den magnetiske æterkonstant (den magnetiske permeabilitet for det «tomme rum»). Men til at bestemme disse størrelsers natur, d. v. s. deres sammenhæng med størrelser som vi er mere fortrolige med, har vi hittil kun hat tre uavhengige ligninger, de tre som følger av de tre hittil kjendte elektromagnetiske grundlove. Opgaven at bestemme de elektriske og de magnetiske fundamentalstørrelsers natur har derfor hittil været ubestemt. Men kommer nu en fjerde ligning til, takket være en fjerde elektromagnetisk grundlov, saa blir opgaven efter alt at dømme bestemt: i saa fald skulde vi være paa vei til at faa vite hvad elektricitet er for noget.

### III. Virkning av tyngde paa lys?

Men fænomenets forklaring kan ogsaa tænkes at ligge i anden retning. Paa sin vei forbi solen passerer lyset fra fiksstjernen ikke bare lysfelter, men ogsaa tyngdefelter av en styrke og en utstrækning som aldrig ved vore beskedne laboratorieforsøk. Det kunde derfor være en virkning av tyngden paa lysstraalen.



Heller ikke i denne antagelse ligger noget paa forhaand urimelig. Hvad vi ser av den fysiske verden er kun brudstykker. Men bakenfor gaar krydsforbindelser i alle retninger. Oprindelig kjendte vi elektriske fænomener og magnetiske fænomener adskilt. Nu ser vi dem forbundet med hinanden efter opdagelsen av de elektromagnetiske fænomener. Likedan kjendte vi lysfænomenerne som noget helt adskilt fra de elektriske. Nu er de indordnet under det elektromagnetiske fænomenkompleks. Overhodet kan det være et spørsmål om der kan tænkes fysiske fænomener som intet har med hinanden at gjøre. Sammenhæng og vekselvirkning er paa forhaand det sandsynlige, den absolute indifferensisme det usandsynlige.

Det er derfor intet usandsynlig i den antagelse at det nye optiske fænomen kunde være det første tegn paa en skjult forbindelse som fører fra den elektrisk-magnetisk-optiske fænomengruppe til tyngdefænomenet.

Er vi paa den rette vei med denne formodning, saa vilde det om mulig være av endnu større betydning end om det var en virkning av lys paa lys. Vistnok vilde den i saa fald neppe saa bekvemt med en gang gi os nøkkelen til forstaaelse av hvad elektricitet er. Tvertimot vilde vi staa overfor en utvidet opgave: elektromagnetismens gaate blev sammenknyttet med tyngdekraftens gaate. Og vi kunde vente at staa overfor en lignende utvikling som den Ørsteds opdagelse førte til for hundrede aar siden, utviklingen av en »elektrogravitisme«. Hvor denne vilde føre hen maatte vi med den største spænding avvente, ikke mindst fordi tyngden med sin enestaaende herskerstilling i den fysiske verden samtidig har indtatt en fornemt tilbaketrukken stilling: den syntes hverken at forstyrre noget andet eller at forstyrres av noget andet.

Og her staar vi ved det interessanteste punkt i den foreliggende videnskabelige situation. Det er ikke nok med at sterk sandsynlighet kan tale for at fænomenets forklaring kan ligge i denne retning. Det er mulig at vi endog allerede besidder den teori som sammenbinder de elektromagnetiske fænomener med tyngden. Ti en saadan teori har forutsagt det nye fænomen, og ledet til dets opdagelse. Det er Einsteins relativitetsteori. Vi blir nødt til at ta standpunkt til den, hvor bizar den end kan forekomme os fysikere av den ældre skole.



#### IV. De historiske forutsætninger hvorav relativitetsteorien fremgik.

Jeg har desværre intet nøiagtig referat av de ord hvormed Royal Society's præsident, den berømte fysiker Sir J. J. Thomson indledet diskussionen efter astronomenes meddelelse. De karakteriserte paa en ypperlig maate situationen. Han fremhævet at vi her staar overfor kanske det merkeligste resultat som nogensinde er naadd ved menneskelig tænkning. Og vi staar overfor muligheten, eller nødvendigheten, at maatte erstatte Newtons tyngdelov med en dypere liggende lov, — men som har den mangel »that we can not express it«.

Her kommer jeg til den vanskeligste del av min opgave, at karakterisere denne lov, »som vi ikke kan uttrykke«.

Newtons lov kan vi uttrykke: Himmellegerne bevæger sig som om de tiltrækker hinanden, med en kraft som avtar omvendt som avstandens kvadrat, og som er proportional med produktet av de to legemers masser.

Med det avgjørende uttrykk »tiltrækker« forbinde selv hvert barn en bestemt forestilling, ut fra den erfaring at det med sin haand kan trække en gjenstand til sig, selv om en dypere analyse avslører vanskeligheter. Newtons egen følelse herav vises ved hans forsigtige »som om«, som ofte nok er blit utelatt av de allfor selvsikre etterfølgere, men som i den krise vi nu gjennomlever vil komme til fuld ære igjen.

Et tilsvarende uttrykk for den nye, Einsteinske tyngdelov, fremstillet ved ord som jeg forbinder en mere eller mindre anskuelig forestilling ved, kan vi ikke gi. Det bedste billede vil vi faa ved at følge den nye teoris utvikling historisk.

Den er opstaat og har hat sin vekst under den opdagelses og gjæringens tid som har karakterisert fysiken i den sidste menneskealder. Den indlededes ved det gjennombrud jeg allerede har omtalt: de av Maxwells teori forutsagte elektriske bølger opdagedes eksperimentelt av Hertz. Det førte til et mægtig omslag, under hvis ettervirkninger vi endnu lever. Men omslaget førte ikke dit som gjennombruddets mænd ventet. Hvad disse vilde tænkt om den vei utviklingen har tat, faar vi aldrig vite. Maxwell døde allerede et decennium førend gjennombruddet kom ved Hertz' opdagelse. Og neppe var denne naadd frem til anerkjendelse førend døden



avbrøt ogsaa hans arbeide. Han kom aldrig til at indta sin selvskevne stilling som den nye utviklings leder. Saameget desto viktigere er det, ikke at glemme disse mænds kongstanke, hvad enten man herefter, som mange tror, skal forlate den definitivt, eller det kun er et midlertidig bølgeslag som gaar hen over den.

Enstemmig pekte begge mot mekaniken — hittil den fuldkomneste av alle naturvidenskaper — som den der maatte danne fundamentet for hele den teoretiske fysik. Idet Maxwell i sit store verk »Electricity and Magnetism« gaar over til at utvikle sin nye teori, gjør han opmerksom paa den paafaldende likhet som det elektromagnetiske selvinduktionsfænomen frembyder med de mekaniske trægheitsfænomener. Det er vanskelig at forestille sig, siger han, at denne analogi skulde være helt »overfladisk« eller »vildledende«, og tilføier: »Den fundamentale forestilling om materien som noget der ved sin bevægelse kan bli bærer av bevægelsesmængde og energi er saa sammenvævet med vor idékreds, at naarsomhelst vi fanger et glimt av det nogensteds i naturen, føler vi at vi har en vei for os, som før eller senere vil føre til den fuldstændige forstaaelse av fænomenet«. I denne aand er det at foregangsmanden skaper sin teori. Og Hertz følger ham. Sit posthume verk om mekanikens principer, som han vistnok selv betraktet som det der skulde lede den kommende utvikling, indleder han med disse ord: »Alle fysikere er enige derom, at det er fysikens oppgave at tilbakeføre naturfænomene paa mekanikens enkle love«. Og den enstemmighet Hertz her taler om hadde ogsaa rullet langt ut over det sedvanlige maal. Ser vi bort fra retninger av mere eller mindre mystisk tilsnit, som aldrig har faat nogen betydning for fysikens utvikling, saa kan vi si at denne enighet har bestaaet fra Demokrit til Hertz. Men neppe hadde Hertz betonet denne enighet, forend man skulde se den briste.

Gjennembruddet hadde nemlig ikke været fuldstændig fra de maxwell'ske og hertz'iske ideers standpunkt. Hvad man almindelig ansaa for bevist ved de hertz'iske eksperimenter, var dette: der maa eksistere et medium, vi kalder det æteren, som fylder rummet; alle elektriske, magnetiske eller optiske fænomener beror paa tilstande som har sit sæte i, eller



processer som foregaar i dette medium; disse tilstandes eller processers forhold til tid og rum fremstilles ved de maxwellske ligninger; men den nærmere mekaniske natur av disse processer eller tilstande var endnu ukjendt. Det var det gjenstaaende problem, hvis løsning Hertz haapet at forberede gjennom sin mekanik. Men hverken Maxwell eller Hertz fik nogen efterfølger som magtet at bryte sig videre frem paa denne bane. Efterfølgerne slog ind paa bekvemere mere opportunistiske veie.

Dette viste sig straks ved et problem som nu kom i forgrunden: spørsmålet om æterens forhold til den synlige materie, og spesielt dette: følger æteren de synlige legemer i deres bevægelse eller ikke? Her syntes nemlig tegn at staa mot tegn. »Aberrationen« av det lys som kommer til os fra fiksstjernerne lot sig lettest forklare om man antok at æteren var hvilende i rummet og at jorden bevæget sig gjennom den. Men var det saa, saa laa det nær at anta at den »ætervind« som vi maatte leve i paa grund av jordens bevægelse gjennom æteren maatte kunne paavises. Der burde vise sig forskjell mellem den tilsynelatende lyshastighet, eftersom lyset forplantet sig med, mot, eller tvers paa jordens bevægelsesretning. Følgen herav burde fremtræde med fuld tydelighet ved et i sit princip meget enkelt interferensforsøk, som allerede Maxwell hadde git ideen til, og som med kolossale hjelpemidler og yderste omhu blev utført av professor M i c h e l s o n i Chicago. Men resultatet blev en stor overraskelse: den ventede virkning, som skulde tyde paa forskjellige forplantningshastigheter, uteblev. Eksperimentet forløp som om man med, mot og tvers paa jordens bevægelsesretning hadde samme relative lyshastighet. Det var som om æteren skulde følge jorden, og ikke stod stille som aberrationen syntes at vise.

Man stod da overfor det dilemma, enten at finde en forklaring av aberrationen selv om jorden antas at føre æteren med sig, eller en forklaring av Michelsons interferensforsøk selv om æteren antas at staa stille. Den bekjendte hollandske fysiker L o r e n t z fandt det sidste bekvemmost. Han antok at æteren hvilte overalt i rummet, selv der hvor jorden med fuld fart farer igjennem den. Og her satte han saken —



i mine øine unødig — helt paa spidsen: han antok at denne æterens indre hvile var fuldstændig, saa at ingen del av den kunde sættes i bevægelse ved kræfters indgripen eller ydre indvirkninger av nogen art. Men like fuldt skulde den ha evnen til at gripe ind i materiens bevægelse.

Her har vi for første gang bruddet med mekanikens principer, som Hertz og alle før ham vilde ha ophøiet til den fysiske verdens grundlove. Mekanikken hviler paa Newtons tre bevægelseslove. Den tredje av disse er principet om den like virkning og motvirkning: intet legeme kan utøve en kraft paa et andet, uten at utsættes for en like stor og motsat rettet motkraft. Dette princip, som man tidligere har betragtet som universelt, tilskriver altsaa Lorentz kun indskrænket gyldighet, idet æteren virker paa materien, mens materien ikke virker tilbake paa æteren.

Ved dette skridt av Lorentz bøier den teoretiske fysik for første gang av i antimekanisk retning. Og efterat først fra ledende hold ét hug var ført mot mekanikens ledende stilling, skulde der snart følge flere. Den »energetiske« skole, grundlagt av den berømte tyske fysikalske kemiker og filosof Ostwald, vilde grundlægge alt paa »energetik« istedenfor paa mekanik. Senere vilde den »elektricitistiske« skole forklare de mekaniske fænomener elektrisk, og ikke de elektriske mekanisk, — diametralt det motsatte av hvad den moderne elektricitetslæres grundlæggere Maxwell og Hertz hadde forlangt. Avgjort fremgang har dog ingen av disse to retninger ha. Energetikernes stormløp mot den kinetiske gasteori endte med en glimrende seier for denne efter sit væsen helt mekaniske teori. Og det viktigste den elektricitistiske skole hittil har levert indskrænker sig vistnok til feltropet.

Sidst i denne række fremkom relativitetsteorien. Den er kanskje ikke, som disse to, fremgaat av nogen direkte kamplyst mot mekanikens herskerstilling; men griper til gjengjæld saa meget dypere helt ned mot mekanikens og vor naturerkjendelses fundament.

Efterat Lorentz hadde truffet sit valg, at anta æteren hvilende i rummet, gjaldt det at finde en forklaring hvorfor ikke Michelsons eksperiment gav det ventede resultat. Han fandt



den utvei at anta at den maalestok vi anvendte ved maalingen av lysets forplantningshastighet eller bølgelængder, ikke var paalidelig. Han antok at alle faste legemer, selv det stiveste stof en meterstav kan fremstilles av, forkortes litt naar de indstilles i jordens bevægelsesretning, og forlænges igjen naar de stilles lodret paa denne retning. Og disse længdeforandringer skulde netop være saa store at den ventede optiske effekt skjultes. Men vi merker ikke disse længdeforandringer fordi alle legemer, til og med jorden selv, undergaar noiaartig samme deformation. Vi har intet uforanderlig at stille ved siden av det som forandres.

Denne Lorentz-kontraktion, som den kaldes, syntes i høieste grad at ha karakteren av det man kalder en hypotese *ad hoc*, en forlegenhetshypotese. Poincaré, den store matematiker, har en gang spottende kaldt den en taskenspillerkunst av Vorherre, for at menneskene ikke skulde formaste sig til, ved optiske forsøk at bestemme jordens bevægelse. Men dog synes der ved nøiere eftersyn at eksistere grunde for saadanne forlængelser eller forkortelser. Bevæger en kule sig gjennom vand, som jorden gjennom æteren, saa fordeler trykket sig ikke symmetrisk over kuglen. Resultatet er at kulen vil tøie sig litt i bevægelsesretningen, tilfældigvis altsaa det motsatte av hvad Lorentz antok. Men kan det ene ske, saa kan under forandrede forhold ogsaa det motsatte ske. Ja den engelske elektriker Oliver Heaviside, — i mine øine den betydeligste teoretiker paa dette omraade efter Maxwell og Hertz — hadde allerede før disse spørmaal kom op utledet av den maxwellske teori, at en deformerbar elektrisk kule vil anta ellipsoideform naar den bevæger sig. Man faar den korte akse i bevægelsesretningen, og den lange lodret derpaa, og netop det forhold mellem kort og lang akse som gir Lorentz-kontraktionen. Dette var et meget forhaabningsfuldt resultat, som syntes at skulle aapne en mulighet for at skaffe en fornuftig mekanisk-fysisk underbygning under Lorentz' bizarre antagelse. Men arbeidet i denne retning blev ikke ført til ende.

Utviklingen tok pludselig en ny retning ved A. Einsteins fremtræden.



### V. Vore forestillinger om tid, rum og bevægelse.

Lorentz var kommet frem ved at anta at det var maalestokken som svigtet. Den var tøielig, hvad stof den end blev gjort av. Einstein flyttet forestillingen om det tøielige over fra den materielle maalestok til tids- og længdebegrepet.

Vore tids- og rumforestillinger pleier vi at betrakte som en gang for alle givne. Om tiden har jeg den forestilling at den flyter ustanselig, uten at jeg har noget middel til at holde den fast, eller til at gripe ind i dens fart. Om noget skulde kunne betegnes som en uavhengig variabel, saa er det tiden. Og likedan tænker jeg mig rummets egenskaper faste og uforanderlige, og vor viden om disse egenskaper en gang for alle nedlagt i vor geometri. Derfor har vi stillet vor opgave som fysikere saa: at forsøke at forstaa, eller rigtigere beskrive naturfænomenerne ut fra disse faste forestillinger om tid og rum. Einstein vender saken om: han tilpasser vore tids- og rumforestillinger til naturfænomenerne.

At dette er et dristig skritt er med en gang klart. Og man fristes til at spørre, er det ikke meningsløst, fornuftstridig? For at se paa dette maa vi betrakte litt nøiere vore tids- og rumforestillingers utvikling. Ti ser vi efter saa har de forandret sig i tidens løp.

Det primitive menneskes forestilling om rummet er ikke den samme som den vi nu har. Naturmenneskene tænker sig ikke rummet strukturløst som vi. De kan ikke opgi forestillingen om et absolut op og ned. Dette prægert ogsaa de ældste græske filosofers opfatning, og laa til grund for Epikurs lære om atomenes evige fald. Først da man kom til det resultat at jorden var rund, blev ogsaa rummet strukturløst, saa at ingen retning utmerket sig fremfor nogen anden. Et midtpunkt hadde dog rummet fremdeles, nemlig jordens midtpunkt. Men ogsaa dette skulde forsvinde. Med antagelsen av det kopernikanske verdenssystem kunde dette midtpunkt ikke længer fastholdes ved jorden. Det maatte i det mindste flyttes til solen. Men heller ikke solen kunde man i længden gi noget fortrin fremfor andre fiksstjerner, enhver tale om verdens midtpunkt mistet sin betydning. Rummet er saaledes



etterhaanden blit fuldstændig strukturløst og ensartet i hele sin utstrækning.

Dette jevne, strukturløse rums indre egenskaper, de forskjellige rumstørrelsers indbyrdes forhold, er gjenstand for den del av matematikken som vi kalder geometrien. Og saa fast denne blev opført for over to tusen aar siden av Euklid, saa er heller ikke dens utvikling bragt til definitiv avslutning. Fremfor alt er det ét av de euklidiske axiomer som har været gjenstand for diskussion og tvil, hans parallelaxiom, at man gjennom et punkt ikke kan trække mere end en linje parallel med en anden. Eller hvad der er dermed jevnbyrdig, at summen av vinklene i et triangel er lik to rette. Det forrige aarhundredes store matematikere har vist at man kan oppbygge en logisk uangripelig geometri, hvor man ikke lenger bygger paa denne forutsætning om vinkelsummen i trianget. Og vi maa regne med den mulighet at der i vor verden kanskje kan findes triangler hvor vinkelsummen ved nøiagtig maaling vil findes forskjellig fra to rette. Det er endnu ikke lykkedes. Men det er ikke utænkelig at det kunde lykkes, hvis vi kunde forfine vore vinkelmaalingsinstrumenter tilstrækkelig. Og allerede vore nuværende instrumenter kunde kanskje strække til om vi kunde utsende iagttagere til nogle av de fjerneste stjerner i melkeveien for at maale vinklene i et triangel av kosmiske dimensioner.

Vort studium av rummet og dets egenskaper er saaledes ikke avsluttet, og der kan fra logisk standpunkt ikke gjøres nogen indvending mot at det gjøres til gjenstand for videre utvikling.

Paa lignende maate forholder det sig med tiden. Vor primære forestilling om tiden har vi derfra at vi kan ordne alle begivenheter vi husker i en bestemt rækkefølge. Hvis der, f. eks. ved en vidneførsel, kommer uoverensstemmelser om en saadan rækkefølge, saa tar vi ikke i betænkning at anta at det skyldes hukommelsesfeil, og ikke den ting at tiden i sig selv har forløpet forskjellig for de forskjellige vidner.

Men skal jeg saa fra denne forestilling om en rækkefølge gaa over til maalet for tidslængder, saa støter jeg paa vanskeligheter. Vistnok har enhver en vis fornemmelse av kortere eller længere tider, men ikke skarp nok til at bygge maaling



av tidslængder paa. Om f. eks. forskjellige menighetsmedlemmer skal avgjøre om presten har prækt længst skjærtorsdag eller langfredag, saa kan de komme til meget forskjellig resultat. En er blit revet med, tiden er svundet bort for ham. En er blit sittende uopmerksom og har fundet tiden lang. En ser til sin overraskelse presten pludselig gaa ned fra prækestolen, uten at ane at han har hat sig en blund.

Vor tidsfornemmelse hviler altsaa paa svigtende grundlag. For at komme til sikrere avgjørelse maa vi se paa klokken. Men saa kan jeg spørre: hvorav vet jeg at klokken gaar like fort skjærtorsdag som langfredag? Jeg kan da svare at klokken gang er regulert efter solen, eller nøiagtigere, efter jordens rotation i forhold til fiksstjernerne. Men saa er spørmaalet: har da ogsaa jorden rotert like hurtig skjærtorsdag som langfredag? Nogen direkte, positiv sikkerhet for dette har vi ikke. Men jeg tror at kunne gi indirekte beviser, i det mindste paa at dens rotation kun kan ha forandret sig meget litet. Om jorden pludselig stanset sin rotation, saa vet vi, eller tror vi at vite, at vi vilde merke fænomener værre end ved det værste jordskjælv: hus vilde falde overende, alle østover, og mægtige flodbølger vilde, fra vest mot øst, overskylle kontinentene. Om jorden, istedenfor at stanse helt, kun forandret sin rotationshastighet litt, saa vilde man merke lignende, men svakere fænomener. Og enhver nævneværdig ustøhet i jordens rotation vilde gi sig til kjende ved mekaniske fænomener: dette peker mot mekanikken som den videnskap der gir mig kontrol av mit tidsmaal.

Vort tidsmaal faar vi derfor ogsaa i virkeligheten gjennom mekanikens axiomer, Newtons berømte tre bevægelseslove. Til grund for enhver bestemmelse av en bevægelse ligger relative tids- og rummaalinger. Tidsmaalingene er relative fordi de foretas i forhold til et tilfældig valgt ur, og rummaalingerne er relative fordi de foretas ut fra et tilfældig valgt fast legeme. I regelen bruker vi jorden som dette faste legeme. Men vi kan ogsaa bruke andre. For at studere bevægelser som foregaar indenfor en jernbanevogn i fart kan vi foreta maalingene ut fra vognens gulv og vægger. Og for at studere planetsystemets bevægelser kan vi frigjøre os fra jorden som referencelegeme, og henføre alle bevægelser til et tænkt



fast legeme, definert ved tre akser som gaar ut fra solens centrum, eller endnu bedre fra solsystemets tyngdepunkt, og som har uforanderlig retning i forhold til fiksstjernehimmen. Eftersom jeg bruker forskjellige urer eller forskjellige av disse referencelegemer, viser det sig at større eller mindre klasser av de bevægelser som vi iagttar i naturen forløper i overensstemmelse med Newtons bevægelseslove. Mekanikens fundamentale arbeidshypotese — jeg benytter her professor Axel Thues formulering — er da denne: der kan tænkes et saadant ur, og et saadant fast legeme, at alle bevægelser som beskrives i forhold til disse, vil sees at forløpe i fuld overensstemmelse med Newtons bevægelseslove.

Denne arbeidshypotese gir os ikke alene det abstrakte grundlag for tid- og rummaalinger som vi behøver for vort teoretiske arbeide; den anviser ogsaa den praktiske vei til at finde den best mulige kontrol paa vore urers gang, og det bedst mulige fundamentallegeme som utgangspunkt for vore rummaalinger. Denne vei bestaar simpelt hen i at forsøke ur efter ur, og fundamentallegeme efter fundamentallegeme, og bli staaende ved det ur og det fundamentallegeme som lar den bedste overensstemmelse fremtræde mellem bevægelserne i naturen og Newtons bevægelseslove. Denne vei har man da ogsaa gaat, og fundet følgende praktiske resultat: et ur regulert efter jordens rotation i forhold til fiksstjernehimmen er paa det aller nærmeste et fuldkomment ur. Og et fast legeme definert ved solsystemets tyngdepunkt og tre stive akser gjennom dette og av uforanderlig retning i forhold til fiksstjernehimmen danner paa det aller nærmeste et fuldkomment fundamentallegeme til utgangspunkt for rummaalingene.

Men, uavhengig av den overensstemmelse vi etter dette kan faa med de Newtonske bevægelseslove, vil der etter disse loves eget væsen vedbli at hefte noget relativt ved bevægelsen. Av disse love følger nemlig umiddelbart at hvis jeg kjender ét fundamentallegeme, hvorfra rummaalingene kan foretaes, saa kjender jeg med det samme uendelig mange som er like brukbare: istedenfor ét fundamentallegeme kan jeg med samme ret anvende ethvert andet legeme som har jevn, rotationsfri bevægelse i forhold til det første. Hvor rask en bevægelse »i virkeligheten« er kan jeg aldrig avgjøre.



Det er et spørsmål som ikke har nogen mening. Jeg kan kun angi hvor rask den er relativt til et hvilket som helst av de uendelig mange, indbyrdes jevngode fundamentallegemer. Hvad jeg kan bestemme, eller tror at kunne bestemme, absolut er kun bevægelsesforandringene (akcelerationene). Ti disse blir de samme i forhold til alle fundamentallegemer.

Dette at det blev mekaniken som skaffet grundlaget for tids- og rummaalingene, og gav vore forestillinger om tid og rum deres fæstede form saalangt de lot sig fæste, maatte naturligvis i høi grad befæste den herskerstilling som denne videnskap allerede fra gammel tid sat inde med. Alle naturvidenskaper beskriver fænomenene i forhold til tid og rum, og staar derved i direkte avhængighetsforhold til den videnskap som opklarer tids- og rumbegrepene. Dette kunde kun yderligere stimulere den tendens, der synes at være menneskeaaanden medfødt, at gripe til mekaniske forestillinger naar vi skal klargjøre os naturfænomenene. Denne tendens har behersket spekulationene over naturen helt fra de gamle græske naturfilosofers dage. Efter Newtons grundlæggelse av mekaniken som eksakt videnskap kom der plan i dette arbejde. Hertz' mekanik var et sidste storstilet forsøk paa at lægge mekaniken yderligere til rette for denne sin høieste opgave, at studere de skjulte mekanismer bakom naturfænomenene.

Men saa var det omslaget skulde komme.

## VI. Einsteins »specielle« relativitetsteori.

Med denne mekanistiske retning bryter Einstein. Og han gjør det ved at gripe dypt: han anerkjender ikke længer mekanikens monopol paa at fastsætte vore tids- og rumbegreper. Han tilpasser dem yderligere efter andre naturfænomener, og vinder sin ret til at gjøre det ved uttrykkelig at anta at disse ikke mere er av mekanisk natur. Ellers vilde denne yderligere tilpassning enten være indholdsløs, eller føre til selvmotsigelse. Av Maxwells teori blir paa denne maate kun de matematiske formeler tilbake. Det fysiske indhold som Maxwell og Hertz mente



at se i dem findes ikke mere. Den analogi mellem de sedvanlige dynamiske og de elektrodynamiske fænomener som ledet Maxwell frem til hans teori maa i hvert fald være »overfladiske«, selv om den ikke paa ham virket helt »vildledende«.

Midlet til at bringe ind den mekaniske teori for de elektriske og optiske fænomener, Maxwells og Hertz's verdensæter, maa Einstein ut fra dette syn feie ut av verdensrummet. Enhver spekulation om en »ætervind« som skulde kunne merkes paa grund av jordens bevægelse falder derved bort. Nogen mekanisme for lysets forplantning, i likhet med den bekjendte for lydens, har man ikke at spørre efter. Man har kun at notere de foreliggende empiriske fakta om dette naturfænomen. Og som det grundlæggende faktum betragter han det, at lyshastigheden i det tomme rum er konstant, og helt uafhængig av lyskildens eller iagttagerens bevægelsestilstand.

Med disse forudsætninger som utgangspunkt tilpasser han vore tids- og rumforestillinger saadan at den relativitet, som viser sig ved bevægelsesfænomenerne, skal bestaa for alle naturfænomener. Anvendt paa det specielt foreliggende tilfælde vil dette si, at vore tids- og rumforestillinger tilpasses saa at ethvert positivt resultat av Michelsons eksperiment paa forhaand er utelukket.

Benytter vi i forbigaende matematisk sprogbruk, saa kan vi uttrykke os saaledes: Hittil har vi trodd at observere fysikens fænomener i forhold til mekanikens tre rumvariable  $x$ ,  $y$ ,  $z$  (f. eks. længde, bredde, høide) og den ene tidsvariable  $t$ . Men dette er selvbedrag. I virkeligheten benytter vi fire variable  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$ ,  $t'$ , som kan fremstilles som funktioner av de oprindelige  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $t$ , og der som saadanne hverken er rene rum- eller rene tidsstørrelser. Takket være den større føielighet, de derigjennem er i besiddelse av, kan de tilpasses paa den forønskede maate. Denne tilpasning er en enkel matematisk regneoperation. Den tidligere fysiske taskenspillerkunst, — for at bli i Poincarés billede — er erstattet ved en matematisk.

Paa denne maate passerer man med en beundringsværdig smarthet forbi de specielle vanskeligheter som saa længe har hindret fremmarschen. Men spørsmålet er da: hvilke følger vil denne omlægning av vore fundamentalforestillinger faa for



hele den øvrige fysik, som er opbygget paa det gamle mekanistiske tids- og rumbegrep? Det maa prøves igjennem et fuldstændig revisionsarbeide over hele fysikens omraade. Resultatet er en uundgaaelig forandring av alle love hvor tid og rum griper ind. Men gjennomgaaende er forandringene for smaa til at merkes. Praktisk talt vil lovene forbli som vi nu kjender dem, og paaviselige motsigelser møter vi derfor ikke.

Samtidig hermed møter man konsekvenser som kan tydes som væsentlige fortrin for det nye syn. Man faar frem nye relationer mellem tidligere adskilte fundamentalstørrelser, som f. eks. masse og energi. Og takket være de nye variables større tøjelighet, takket være den omstændighet at man ikke lenger har nogen fast grænse mellem tids- og rumvariable, kan man bringe den matematiske fysiks grunnligninger paa overordentlig symmetriske og harmoniske former. Det var fremfor alt den betydelige tyske matematiker M i n k o w s k i som det lykkedes at avdække denne harmoni. Hans avhandling derom vil alltid forbli noget enestaaende i vor videnskaps literatur. Den er skrevet med en visionær begeistring som man ellers ikke er vant til at møte side om side med matematiske formler. Og hans avhandling har bragt mere end en matematiker til at si: dette er saa skjønt at det maa være sandt. Selv døde han kort efter at han hadde fuldført denne avhandling, men priste sig paa dødsleiet lykkelig over at ha faat være med at indlede den nye tid han saa for sig.

Men disse fremskridt naaes ikke gratis, set fra vore tilvante forestillingers standpunkt. Mekanikens fundamentalur, der bestemmer en for den hele verden fælles tid, eksisterer ikke mere. Og de rummaalinger som foretas ut fra mekanikens forskjellig bevægede fundamentallegemer blir herefter væsensforskjellige. Her følger, efter borgerlig opfatning, de bizzarreste konsekvenser. De har fylt pressen, og omgitt relativitetsteorien med en sensation som sjelden falder i en abstrakt teoris lod. Et eksempel er dette: lad os tænke os to kloder i verdensrummet, som farer forbi hinanden med stor hastighet. Og lad os tænke os at beboerne av disse kloder finder sin egen klode kulerund. De vil da gjensidig se den anden klode flatttrykt, og desto mere jo raskere de bevæger



sig i forhold til hinanden. Samtidig vil de se urene paa den flattrykte klode gaa langsommere end paa sin egen. Ved den største hastighet de ifølge relativitetsteorien kan faa i forhold til hinanden, nemlig lyshastigheten, vil beboerne av begge kloder fremdeles finde sin egen klode uforandret kulerund, og sine egne urer jevnt gaaende som før. Men de vil finde at den anden klode er helt flattrykt, og dens urer staaende.

Efter eksempler som disse er det ikke at undres paa at man betegner teorien som revolutionær. Men, kan man spørre, var det ikke i sin tid like revolutionært da filosofene forkastet det absolute op-ned i rummet og fremstillet hypotesen om antipodernes eksistens? Denne lære blev jo ogsaa i sin tid bekjæmpet med forbitrelse, blandt andet av fremragende kirkefædre. Og dog har vore jordomseilere bragt det eksperimentelle bevis for antipodernes eksistens, og konstatert at disse mennesker ikke falder paa hodet ut i verdensrummet. Kan det ikke tænkes at vi i fremtiden kan komme frem til like uomstøtelige beviser paa relativitetsteoriens rigtighet?

## VII. Einsteins »almindelige« relativitetsteori.

Her har ikke Einstein nøiet sig med at forholde sig avventende. Han har rastløst utbygget sin teori videre, for at bringe den til indre logisk fuldkommenhet, og for, om mulig, at føre den frem mot den avgjørende eksperimentelle prøve.

Naar relativitetstanken skal tillægges saa avgjørende betydning, saa føles det som noget halvt at principet kun skal gjælde »specielt«, d. v. s. kun for den jevne retlinjede bevægelse, mens den ujevne andel av bevægelsen fremdeles skal kunne erkjendes absolut, paa grundlag av de Newtonske bevægelseslove. Einstein søker derfor at gi relativitetsprincippet ubegrænset almindelighet: det skal være en indbildning naar vi tror at kunne erkjende bevægelsesforandringer som saadanne gjennom de træghevirkninger de utløser. Naar f. eks. mit legeme merker virkninger av denne art, saa burde det ved fuld almindelighet av relativitetsprincippet være helt umulig at avgjøre, om dette skyldes en bevægelsesforandring av mit eget legeme, eller en like stor motsat bevægelsesfor-



andring av hele den verden som omgir mig. Einstein viser at denne tanke kan gjennomføres hvis man antar at der er fuld indre identitet mellem to virkninger av helt universel natur, virkningene av træghet og av tyngde.

Den skuffende likhet mellem træghet og tyngde merker jeg naar jeg staar i en elevator. Naar denne sættes igang opover kjender jeg en forøket tyngde. Og denne forøkede tyngde vilde jeg merke vedvarende, om elevatoren fortsatte ustanselig med jevn tiltagende hastighet opover. Hvis jeg ikke kunde kontrollere sammenhængen ved at se ut, vilde jeg tro at leve i et sterkere tyngdefelt end det jeg kjendte paa gaten, førend jeg steg ind i elevatoren.

Denne analogi mellem træghets- og tyngdevirkninger er intet nyt, og har fort til mange forsøk paa mekanisk forklaring av tyngdens aarsak. Længst har C. A. B j e r k n e s naadd ved sin paavisning av tiltrækningen mellem ens pulserende kuler i en væske. Man faar en tyngdelignende virkning mellem de to kuler, som kan fremstilles ved et slaaende eksperiment. Her er det træghetsvirkningene i væsken som frembringer den tilsynelatende tyngdekraft. Og grundtanken i den tidligere omtalte mekanik av Hertz er denne samme, at tilbakeføre alle naturens kræfter, blandt dem ogsaa tyngden, paa træghetsvirkninger av skjulte masser.

Men det er paa en anden vei Einstein vil løse det samme problem: Han vil ha tyngdevirkningen frem, ikke som den indirekte virkning av skjulte massers træghet, men som den direkte virkning av de synlige massers egen træghet. En ganske liketil, direkte løsning av problemet vilde man faa om jorden simpelt hen var flat, og bebodd kun paa den ene side, og vi ikke hadde at ta hensyn til andre himmellegemer. Da vilde det være nok at anta at den flate jord bevæget sig opover, bestandig med jevnt tiltagende hastighet. Men anderledes stiller saken sig naar vi skal ta hensyn til at tyngden er motsat rettet her og hos vore antipoder, og at den virker ikke bare ind mot jorden, men ogsaa ind mot solen og ethvert himmellegeme.

En løsning av problemet i anskuelig form, som gir et bilde paa grundlag av vore tilvante tids- og rumforestillinger, kan Einstein derfor ikke gi. Men hvad han gjennom matema-



tisk formelsprog har lykkedes at vise kan sammenfattes saa: De fire tids-rumstørrelser  $x'$   $y'$   $z'$   $t'$  definerer — efter en matematisk sprogbruk som man ikke behøver at tillægge nogen realitet — et »firedimensionalt rum«. Tilpasser jeg dette »rum«s egenskaper, ikke efter Euklids postulat, men efter det nævnte »almindelige« relativitetspostulat, saa kan man naa frem til en tyngdelov, som stemmer med Newtons i første tilnærmelse. Hele astronomien vil forbli praktisk talt uforandret. Men nøiagtigere, efferset er loven forskjellig fra Newtons, og der, efter de fakta som synes at foreligge, bedre end denne: Visse eiendommeligheter ved planeten Merkurs bane, som har sat astronomene i forlegenhet hittil (det er dog neppe avgjørende bevist at Newtons lov her klikker) synes at forklares utvungent ut fra den nye lov. Og hvad der nu har vakt saa umaadelig opsigt: den har forutsagt hvad der er blit saa glimrende bekræftet, at lysstraalene skal avbøies naar de passerer et intenst tyngdefelt.

Men hvor meget end denne nye tyngdelov præsterer, saa har den den svakhet at vi ikke kan »uttrykke den«. Den kan kun karakteriseres stykkevis: tyngden skal være en virkning av lignende art som den jeg merker ved igangsætningen av en elevator. Eller den har karakteren av en slags centrifugalkraft som optræder fordi det »rum«, som defineres ved de fire variable  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$ ,  $t'$ , ikke er »euklidisk«, men »krummet«. For at illustrere hvad dette vil si kan vi ta til hjælp analogier fra dannelser med færre dimensioner end vort tredimensionale rum. Da er planet den eneste todimensionale dannelse som ikke er krummet, mens enhver anden flate er krummet. Og bevægelser som skal foregaa i en krummet flate vil skille sig karakteristisk fra bevægelser som foregaa i et plan.

Lat os tænke os f. eks. en flate som har formen av et plan med en tragtførmig forsænkning i. Et med træghet forsynet punkt, som er tvunget til at bevæge sig i denne flate, vil gaa i ret linje naar det utkastes langs den plane del av flaten. Men om det kastes saa at det trænger ned i tragten, vil det efter et eller flere omløp kastes ut igjen paa grund av den centrifugalkraft som trær i virksomhet som følge av flatens krumning. Men hvis vi ikke var opmerksom paa denne flatens krumning, saa vilde det se ut som om punktet



blev frastøtt av en kraft som utgik fra tragtens spids. Hvad vi kalder tyngde skulde da være en tilsvarende ikke frastøtning men tiltrækning, som skyldtes lokale krumninger i det »rum« som vi lever i, og som er definert ved de fire størrelser  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$ ,  $t'$ , der er tilpasset saa at den forlangte virkning optrær.

Var den specielle relativitetsteori revolutionær, saa er denne videre, almindelige utvikling av den det ikke mindre. I hvilken grad vil tilstrækkelig fremgaa av følgende. Er det almindelige relativitetsprincip rigtig, saa er det kopernikanske verdenssystem ikke et haar bedre end det ptolemeiske. Dette vil ikke si at vi efter Einstein like godt kunde slaa en strek over den utvikling som knytter sig til navne som Kopernikus og Newton. For studiet av sakens detaljer har disse hat sin store betydning. Men fra principielt standpunkt er det ptolemeiske og det kopernikanske verdenssystem jevnbyrdige.

Men naar vi føres saa langt, kan det være paa tide at opta til diskussion, hvilken betydning vi overhodet tør tillægge vore teorier.

### VIII. Vore teories relativitet.

Det er fremhævet ovenfor at vi i vore teorier ikke længer ser forklaringer av naturfænomene, men kun beskrivelser av dem. Men enhver beskrivelse foregaar ved hjælp av billeder som vi henter fra vor egen tankeverden. Hvor meget vi end søker at gi vore beskrivelser objektivitet, saa vedblir de at være subjektive billeder, som opstaar under vekselvirkningen mellem sanseindtrykkene utenfra og vor egen indre verden.

De billeder som vi paa denne maate danner os av den fysiske verden er under stadig omdannelse, eftersom det kompleks av fakta som de skal omfatte stadig blir rikere. Disse fakta grupperes stadig i riktigere sammenheng, og sammenhengen mellem nyopdagede fænomener og de ældre, som vi allerede har en viss fortrolighet med, er det som gir illusionen av en forstaaelse. Men evig blivende værd har kun hvert nyt faktum, hvert nyt, sikkert konstatert naturfænomen: fænomenet elektriske bølger, det faktum at lysstraalet bøies naar de passerer solen, o. s. v.



Er det lykkedes en teori at gi en beskrivelse av en række fænomener i tilnærmet rigtig sammenhæng, saa kan den lede paa sporet til næste fænomen i samme række. Da har den præstert det høieste som kan forlanges av en teori, da har den vist heuristisk værdi. Men derfor behøver man ikke at tilskrive den mere end en viss relativ sandhet. Den Maxwell'ske teori har vist en heuristisk værdi som kanske ingen teori tidligere. Den har aabenbaret en hel ny fænomenverden for os. Gjennem den traadløse telegrafi er disse fænomener endog traadt i det praktiske livs tjeneste. Men desuagtet anerkjender de konsekvente relativister kun en liten del av denne teori som objektiv rigtig, nemlig kun dens matematiske formelsystem. Det tankeindhold som Maxwell, Heaviside og Hertz la i disse formler vil de ha utbyttet mot et andet.

Søker vi med erfaringer som disse for øie at ta et overblik over den nu foreliggende situation som helhet, saa vil resultatet bli omtrent følgende:

Der foreligger neppe hittil noget bindende bevis for at de nu foreliggende fysiske fakta gjør relativitetsteorien til en nødvendighet. Og det er neppe helt avgjort endnu, om teorien ogsaa kan forsones med ethvert av disse fakta. Da den fremkom stod man overfor vanskeligheter. Disse kunde kanskje været overvundet paa andre veier. Lorentz' kontraktionshypotese antyder en saadan vei, og andre som endnu ingen har drømt om kan ogsaa komme til at aapne sig. Det nyopdagede optiske fænomen kan ogsaa indtil videre tænkes forklaret — i den relative betydning av dette ord — paa andre veier end den relativistiske, som tidligere antydet.

Men paa den anden side er det faktum ikke at komme forbi at relativitetsteorien i øieblikket har distancert alle teoretiske forsøk i ældre stil. Den har vist en bekvem vei gjennem de nævnte vanskeligheter. Og dernæst har den — saafremt intet selvbedrag foreligger, saafremt ikke naturen likefrem har spillet os et puds — vist sig at ha en merkelig heuristisk værdi, ved at lede os frem til det nye optiske fænomen. Med andre ord: den har vist os at den metode at tilpasse vore tids- og rumforestillinger til visse fysiske fænomener, er en brukbar heuristisk metode i den periode av fysikens utvikling som vi nu gjennomlever.



Men derav følger endnu ikke med nogen grad av sikkerhet at disse tilpasninger fra nu av til evig tid skal komme til at præge vor tids- og rumopfatning. I relativitetsteoriens formler kan en senere tid komme til at lægge et ganske andet tankeindhold end det som foregangsmanden og kanske endnu mere den trossikre skare av efterfølgere vil lægge i dem.

Man bør derfor ikke forskrækkes altfor meget over de sensationelle paradokser, som fylder dagspressen og utgis for det væsentlige i relativismens »nye verdensbillede«: at samme klode skal kunne synes rund for en iagttager, og samtidig flat for en anden; at en og samme klokke skal kunne synes at gaa for en iagttager og samtidig at staa for en anden; at rummet skal være krummet, saa den rette linje gaar tilbake i sig selv; at rummet derfor ogsaa maa være endelig, men dog saadan at ingen kan peke paa dets grænse; at dette tomme rum, dette »krummede intet« er det som »forklarer« tyngden. Og sidst men ikke mindst: at det fra nu av skulde høre fortiden til at ta mekanikens forraad av tankebilleder til hjælp ved utformningen av vore fysiske teorier; at, om en mekanisk analogi kunde lede Maxwell paa det rette spor, saa skulde disse analogier — trods den utstrækning og den præcision man nu maa erkjende de har — dog i hovedsak være »overfladiske og vildledende.«

Overfor disse konsekvenser av den yderste relativisme bør det være tilstrækkelig at minde om, at en teori som har kunnet rehabilitere det Ptolemeiske verdenssystem overfor det Kopernikanske ikke bør føle sig altfor sikker overfor fremtidsteorier som kan komme til at rehabilitere Demokrits, Maxwells og Hertz' mekanistiske syn overfor Einsteins relativistiske.

Hvor utviklingen tilslut vil føre hen, er det ikke nogen givet at forutse. Men relativitetsteorien vil i hvert fald sætte dype merker efter sig, selv om den i sin tid kommer til at vike for andre teorier. Ved at gripe dypt aapner den vore øine for muligheten av overraskende omvurderinger selv av de sterkest grundfæstede teorier. Den menneskelige selvovervurdering, som ligger i at vi tillægger vore teorier absolut sandhet, vil mere og mere svinde. Relativitetsteorien vil bidra mægtig til at klargjøre for os vore teoriers relativitet.



## Nogen træk fra den norske topografis historie.<sup>1)</sup>

Av Hans W:son Ahlmann.

Norge er verdensberømt for sin skjønnhet, og de turister som i aarenes løp har besøkt landet tar med sig erindringen om aapne, opdyrkede daler med lange lier, omgit av store fjeldvidder, eller av trange, mørke daler med et og andet hus opklamret ved fjeldvæggen, av fjorder med næsten utrolig bratte sider og av fjeldpartier ikke saa store som Alpernes, men ofte like vilde og fantastiske paa grund av at de ved kysten stiger direkte op av havet. De geografiske videnskapsmænd, som studerer jordoverflatens former, finder Norge like interessant som skjønt, og jo mer denne videnskapsgren — den geomorfologiske — gjør fremskridt, desto mer berømt vil ogsaa Norge bli blandt de geografiske videnskapsmænd. Det er et stort antal vigtige problemer, som i Norge er saa vel repræsenteret at de kanske kun paa faa andre steder paa jorden kunde bli bedre studert. Nærværende forfatter har i løpet av de senere aar foretat en række reiser i Norge for at studere nogen saadanne problemer og skal nu i de følgende linjer omtale dem litt nærmere.

Mens Vestlandet kjendetegnes ved sine fjorder, er det de store, brede daler som sætter sit stempel paa Østlandet. Reiser man med jernbanen fra Kristiania til Bergen, vil man se at Hallingdalen stiger likesom med et trappetrin op fra Strandevand paa 440 m. til Gjeilovandet paa 700—750 m. over havet. Ved nærmere undersøkelse vil man imidlertid finde, at omkring Strandevand og Holsdalen findes der i det faste fjeld terrasser eller hylder som sandsynligvis er rester efter bunden av en ældre dal, som har været den kontinuerlige fortsættelse av Gjeilodalen. Vi kjender ikke endnu alle de faktorer som har bidradd til at ødelægge den gamle dal fra og med Strandevand og videre nedover, men sikkert har indlandsisen med sin store evne til at bryte op og grave ut og file istykker fjeldet

---

<sup>1)</sup> For dem som interesserer sig for de her omhandlede problemer henvises til »Norges Geologiske Undersøkelser« skrifter og til forfatterens arbeide »Geomorphological Studies in Norway«, Geografiska Annaler. Aarg. 1. Stockholm 1919.



indenfor markerte daler i høi grad bidradd til ødelæggelsesarbeidet.

Paa samme maate som Hallingdalen stiger Gjeilodalen med et pludselig sprang op til høifjeldsdalen ved Ustevandet paa omtrent 1000 meters høide over havet. Ved dette nivaa er man kommet op i en helt anden natur end før. Hallingdalens dype dalføre og den markerte dal ved Gjeilo er blit erstattet med den bølgende Hardangervidde, hvor alene en række uregelmæssige fordypninger viser fortsættelsen av de nedenfor liggende daler. Alting oppe paa fjeldvidden bærer fortidspræg i motsætning til dalene nedenfor. Det er ogsaa to helt forskjellige generationer i topografiens verden som man her gjør bekjendskap med. De dype dalene er »unge« i forhold til det »gamle« fjeldplataa.

Lignende forhold som de nu nævnte møter man ogsaa ved de øverste deler av Østlandets og Sørlandets daler likesom ogsaa ved Vestlandets fjorder. Alle stiger de i et eller flere markerte trin op til høifjeldsvidden. Som eksempel kan nævnes den øverste ende av Vestfjorddalen i Telemarken ved Risbu ovenfor Rjukan, Bykle øverst i Sætersdalen, Vøringsfossen øverst i Maabødalen i Hardanger, Opset i Raundalen, Vatnahalsen i Flaamsdalen, den bratte skraaning nedenfor Smeddalsvandet i Lærdal umiddelbart ovenfor Maristuen, skraaningene nedenfor Utrovandet i Valdres og fossefaldet nedenfor Skogadalsbøen i Vettisdalen. Hardangervidden er i topografisk henseende litet kjendt, men man kan dog konstatere at de denuderende eller nedbrytende kræfter har virket i saa lang tid paa den, at den næsten har naadd det stadium i utviklingen som kaldes »peneplanet« og som karakteriseres av en vidde eller slette med ubetydelige høideforskjeller. Sandsynligvis har ogsaa Hardangervidden i en relativt sen geologisk tid ligget i nærheten av havoverflaten som danner det nivaa ned mot hvilket de eroderende kræfter prøver at sænke og utjevne alle landomraader, hvor høie og fjeldrike de end er. Efterat Hardangervidden og det omkringliggende omraade med samme karakter hadde naadd nærheten av dette langt fremskredne utviklingsstadium nær havoverflaten, blev den likesom hele det nuværende Norge hævet gjennom lignende kræfter som de der omtrent samtidig skapte Al-



perne og de andre tertiære bjergkjeder rundt omkring paa jorden. Av den gamle lavslette blev der nu en høislette som umiddelbart blev angrepet av de denuderende kræfter, fremfor alt efter gamle og nye sprækkelinjer i fjeldet. En følge herav var en serie daler som sagte men uavladelig blev skaaret alt dypere ned i den hævede landmasse og indover høisletten. Den tidligere ubrutte fjeldmasse og den jevne slette blev herved søndersplittet i kanten. Senere har isstrømmene under istiden i høi grad omdannet, tilskjærpet og yderligere søndersplittet fjeldmassen paa en maate som skal omtales noget nærmere i det følgende. Av den gamle ubrutte landmasse ligger derfor nu alene igjen en torso. Paa fig. 1 er med skraalinjer betegnet denne »torso« eller den del av det nuværende land over hvilket de nye daler endnu ikke er trængt frem og hvor saaledes den gamle topografi ligger mest urørt igjen.

Om denne ubrutte centrale landmasse og dens historie i tidernes løp gir øverste del av Romsdalen endel opplysninger (fig. 2). Man finder først at bidalene til den øverste del av Romsdalen gaar i motsat retning av hoveddalen og danner saakaldte angeldaler<sup>1)</sup> og at de ikke slutter i nivaa med hoveddalen, men henger høit oppe paa dens sider. Man ser videre at disse bidaler fortsætter i hylder og terrasser som fører frem til og gaar over i den øverste del av Gudbrandsdalen. Det er derfor tydelig at Gudbrandsdalen engang har fortsatt frem over det omraade i hvilket Romsdalen nu er nedskaaret; det er sandsynlig at det er Vermedalen som har dannet fortsættelsen av Gudbrandsdalens hovedparti paa den maate som fig. 2 gjengir. Først senere er Romsdalen blit uterodert og har successivt ædt sig fra havet i vest tilbake i fjeldet og erobret Gudbrandsdalen stykke for stykke frem til den plass ved Stueflaten hvor nu den bratte dal-ende ligger. Av disse forhold kan man dra den slutning at den gamle landoverflate strakte sig længer mot vest end nu, og at mange av de store østlandske daler er begyndt meget længer mot vest end nu er tilfælde. Paa samme maate er det tydelig at de vestlandske daler er yngre og nu efterhvert trænger sig ind paa de omraader som de østlandske daler tidligere var i uindskrænket

<sup>1)</sup> Av fiske-angel eller fiskekrok.



besiddelse av. En strid foregaar saaledes mellem Vestlandets og Østlandets daler, der seiren er sikret de førstnævnte.

De nye vestlandske daler, som begyndte at dannes da den gamle slette blev hævet, blev under sin udvikling likesom de ældre østlandske daler stadig bredere og utrustet med jevnere

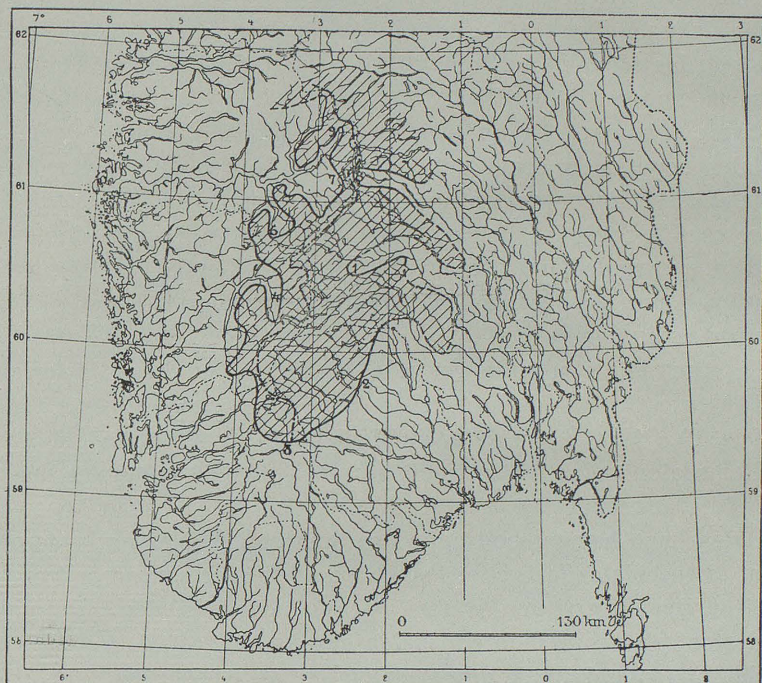


Fig. 1. Det sydlige Norge. Det skraverede område betegner den centrale, ubrutte land-blok over hvilken de unge daler endnu ikke har trængt ind. Tallene refererer sig til de undersøgte pladser for kontakten mellem de unge daler og den centrale land-blok. 1. betegner skraaningen mellem Uste-vandet og Gjeilodalen; 2. skraaningen ved Risbu ovenfor Rjukan; 3. Bykle i Sætersdalen; 4. Vøringsfossen i Maabødalen; 5. Opset i Raundalen; 6. Vatnahalsen; 7. skraaningen nedenfor Smeddalsvand i Lærdal; 8. skraaningen nedenfor Utro-vandet i Valdres; 9. Skogadalsbøen i Vettisdalen.

bund i sine nedre eller perifere partier. Efter en vis tid var udviklingen skredet saa langt frem, at bunden i de forskjellige dalers ytterste deler var blit saa bred og de fjeldpartier som skilte dalene saa lave eller aldeles utjevnet, at det hele smeltet sammen til en eneste flate eller en slette der som en mer



eller mindre bred bord omga det indenfor liggende land med dets markerte dalfører. Denne dalflate har tidligere været kaldt »strandflaten«, en dannelse, som har git anledning til megen diskussion.

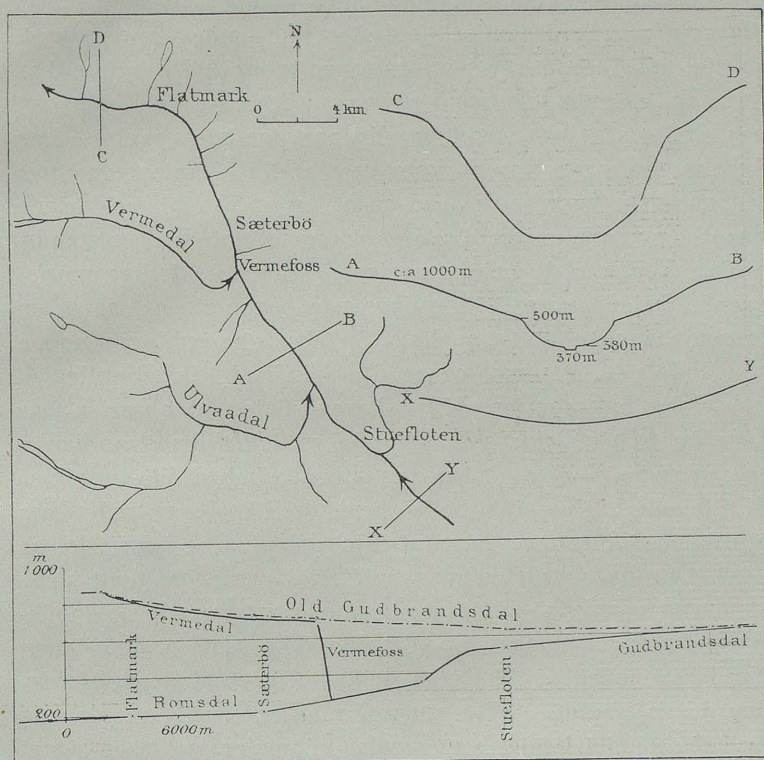


Fig. 2. Øverste del av Romsdalen. Konturskisse med tverprofiler; længdeprofil av den øverste del av Gudbrandsdalen og Romsdalen med Vermedalen som fortsættelse av Gudbrandsdalen.

Den mest almindelig vedtagne opfatning om strandflaten er at den er dannet gennem abrasion, det vil si gennem havbrændingenes eroderende virksomhet paa den faste fjeldgrund. Ved nærmere eftersyn vil man imidlertid finde at denne strandflate fortsætter ind i fjordene som rester efter en gammel dalgeneration. Disse rester i form av hylder og jevne terrasser er paa mange steder saa brede og ligger i et saadant



forhold til hverandre og fjordene at det neppe er mulig her at tænke sig dem dannet ved havabrasion. Beviset for en sammenhæng mellem dalene inde i landet og strandflaten utenfor er derimot tydelig. Det er ogsaa meget vanskelig at forestille sig hvorledes den paa enkelte steder flere mil brede strandflate har kunnet dannes gjennem havabrasion i de svært motstandsdygtige fjeldarter som danner Norges kyst, specielt naar man ser at abrasionen efter istiden ikke har formaaet at sætte noget spor efter sig i det faste fjeld undtagen paa steder som har været prædestinert for ødelæggelse. Paa Spitsbergen synes der at være et virkelig abrasionsplan paa lange strækninger, men man maa huske paa at fjeldartene paa Spitsbergen er helt andre og meget mindre motstandsdygtige end paa de norske kyster. Ogsaa forskjellige morfologiske forhold synes at foreligge paa begge steder saa at en direkte sammenligning mellem Spitsbergen og Norge neppe kan finde sted. Man maa ogsaa si at har landet ligget stille saa umaadelig længe i forhold til havoverflaten at abrasion har formaaet at utarbeide en saa bred kystslette som strandflaten er, saa maa de indenfor liggende daler ha hat tid til at utvikles til et stadium, som er forholdsvis mindst like fremskredet som kystflatens. En meget langt utviklet daldannelse i umiddelbar nærhet av havoverflaten maa imidlertid ogsaa ha tillatt abrasionen at naa langt i sit arbeide med kystomraadets denudation eller nedbrytning. Jeg vil heller ikke negte at abrasionen har forekommet og ikke ubetydelig bidraget til dannelsen av den jevne platform. De omraader, hvor kystflaten virkelig fortsætter ind i landet som gamle dalbunder, og viser sig at være en del av disse, er dog saa store, at jeg maa tillægge abrasionen en underordnet rolle. Dette foranlediger mig til heller at kalde kystsletten for den »perifere denudationsflate« end for strandflaten, da dette sidste uttryk fører med sig forestillingen om kystabrasion som den absolut viktigste dannelsesproces.

For bedre at forstaa visse træk i Norges geomorfologi vil vi nu se noget nærmere paa et par omraader av speciel interesse. Bukkenfjorden er med sine vide vandflater og mange smaa og store øer ikke nogen typisk fjord men heller en bred bugt. Hovedtrækkene i dens morfologi er ogsaa blit



frembragt paa en noget anden maate end ved de egte fjorder. Professor Goldschmidt har vist at gennem det sydlige Norge fra sydvest til nordost ligger en bred foldningsgrav dannet under den saakaldte Kaledoniske bjergfoldning og nu fyldt av omdannede, yngre lagdelte bergarter og eruptiver. Siderne paa denne foldningsgrav bestaar av en grundfjelds-overflate, som er blit presset ned. Da grundfjeldet er meget mer motstandsdygtig end bergartene indenfor foldningsgraven, har denne nedbøiede flate paa mange steder været bestemmende for de morfologiske processer og staar nu igjen som en grundmur, siden de dækkende »unge« bergmasser er blit denudert

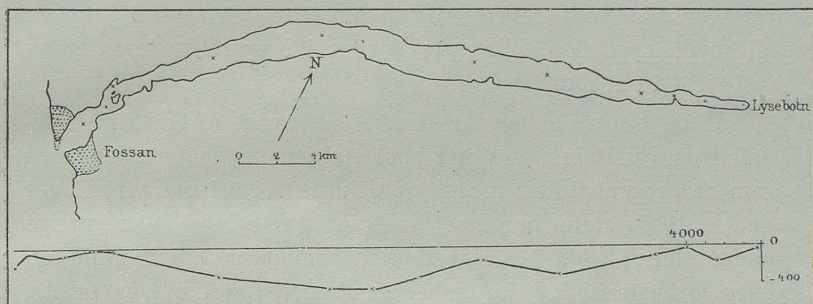


Fig. 3. Lysefjord. Konturskisse og længdeprofil av fjorden. Det prikkede omraade i munden betegner den glaciale randterrasse.

bort. Saaledes er det tydelig at den østre side av Bukkenfjorden nu betinges av denne grundfjeldsoverflate og at Bukkenomraadet er tektonisk begrænset. Det er ogsaa bevist at forkastningslinjer mange steder er av betydning for saavel hovedtræk som ogsaa for detaljtræk i Bukkenomraadets topografi. Bukkenfjordens hoveddel er ogsaa meget forskjellig fra andre fjorder.

Flere av Bukkenomraadets bifjorder som i øst ligger indenfor grundfjeldsomraadet har derimot en typisk fjeldkarakter, saavel hvad form som dannelsesmaate angaar. Lysefjord kan saaledes betragtes som typen paa en egte fjord (fig. 3). Den er svakt buet med enkle, rette og umaadelig bratte sider. Den er baade bredest og dypest netop paa midten. Ved munden stænges den — som dr. R e u s c h har beskrevet — av en terskel



saa høi at kun 15—20 m. dypt vand ligger ovenfor den, mens indenfor dybder op til 400 meter er loddet. Terskelen bestaar av to deler; den ytre er en saakaldt randterrasse bygget op av grus og sand paa en tid da indlandsisen her stod stille en længere tid og derfor fik anledning til at avsætte en masse av det materiale som dens iselver medførte. Indenfor denne terskel av løst materiale ligger imidlertid en terskel av fast fjeld; det bevises ved at der midt i fjorden ligger en bergø, og paa siderne stikker der frem smaa nes av fast fjeld. Næsten alle norske fjorder har en lignende form som Lysefjord, det vil si de er dypest indenfor en terskel som ofte naar meget høit op mot vandoverfilaten. Meget sjelden ser man begge typer av terskler saa godt repræsenteret som her, men man kan nu allikevel trygt si at alle egne fjorder i Norge har terskler av fast fjeld i sin munding.

Høgsjørd i det søndre Bukkenomraadet fortsætter i Dirdalen og Hundalen, to daler som sjelden nogen besøker, men som en geograf finder meget værdifulde, fordi isens virkninger paa et dalsystem her kan studeres bedre end paa mange andre steder (fig. 4). Hoveddalen som danner den umiddelbare fortsættelse av fjorden er bred med flat bund og bratte, rette sider; dens tverprofil ligner en bred U og hele dalen er et pent eksempel paa et saakaldt glacialt traug. Hoveddalen slutter i en vid amfiteateragtig utvidelse ved Gile (ca. 75 meter over havet), hvor 4 bidaler støter sammen. Herfra fortsætter man gjennom en trang, skarp V-formet og bratstigende typisk elvedal op til Birkedalen (ca. 175 meter over havet), som i sin hovedkarakter er lik Dirdalen, men i bunden optat av et litet vand. Birkedalen slutter paa samme maate som Dirdalen paa et sted hvor 3 bidaler munder ut; et trangt gjel leder tilslut op til Hundalen (ca. 250 meter over havet). Dalsystemet er saaledes fordelt likesom i tre etager, hvor Dirdalen som første etage er mest paavirket av iserosion, dernæst Birkedalen som anden og sidst Hundalen som tredje etage. De mellem disse daletager liggende V-formede »forbindelsesdaler« har derimot ingen tegn paa iserosion. Det er temmelig sikkert at dette dalsystem har været uavbrutt og kontinuerlig stigende før istiden, men at isen siden har brutt det sønder og opdelt det i de tre etager. Derved er isens arbeide blit regulert



ved Gile og Birkedal, hvor bidaler støter sammen som har ført frem store ismasser til disse s.k. »glaciale samlebækkener«. Isens forøgede masse og tryk indenfor de glaciale samlebækkener, har i høi grad forsterket iserosionen. Denne har

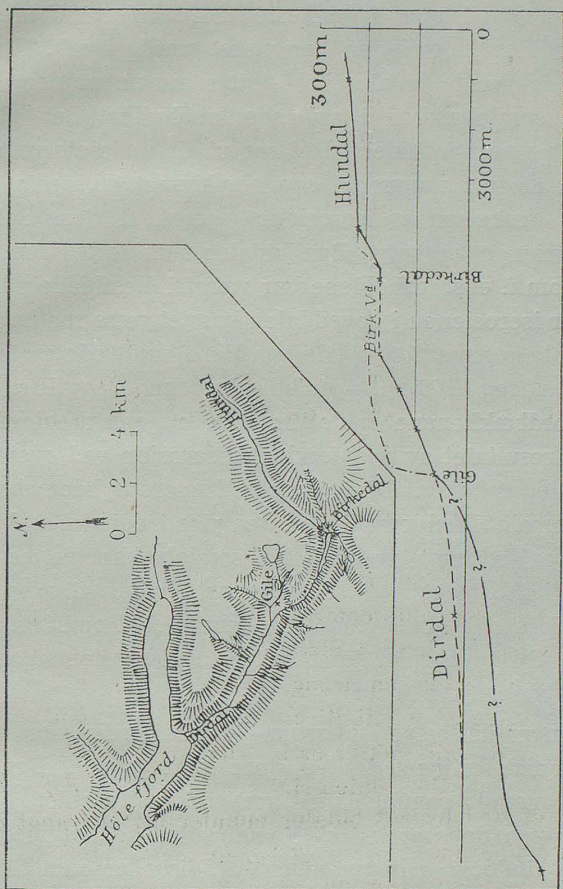


Fig. 4. Dirdal—Hundal. Kartskisse og længeprofil.

atter minket nedenfor en bestemt afstand fra samlebækkenets centrum. Som følge av denne ujevne paavirkning har dal-systemets opdeling i de tre etager fundet sted. Efter isens erosion har det rindende vand begyndt sin utjevnende virksomhet, men har derved endnu ikke rukket længer end til at danne de smaa V-formede forbindelsesdaler mellem Hundalen



elvane anledning til at fortsætte sin erosion, kommer imidlertid forbindelsesdalene til at bli større, for tilslut at danne en og Birkedalen og mellem denne sidste og Dirdalen. Faar sammenhengende uavbrutt dal.

Det nu beskrevne dalsystem er som sagt bare et eksempel paa forhold man træffer i de fleste andre daler i Norge eller paa steder hvor iserosionen har været særlig sterk. Hvor to eller flere isførende bidaler har støtt sammen, er der dannet et glacialt samlebækken i og nedenfor hvilket den glaciæle erosion har været forhøiet. Det ser ut til at jo større ismasser som er ført sammen i samlebækkenet er, desto større har ogsaa forøkelsen av iserosionen været. I store dalsystemer med mange og betydelige bidaler som førte frem store ismasser som f. eks. forholdene har været i Vestlandets hovedfjorder, har iserosionen i hoveddalen kunnet være saa betydelig at bergbækkener med en dybde paa flere hundrede meter — i Sognefjord endog 1100 m. — er blit uterodert. Jeg vil saaledes betegne fjordbækkenene og de tilsvarende sjøbækkener i visse daler som resultatet av den forøkedede iserosion ved ovenforliggende samlebækkener. Disse bergbækkeners dybdemaksimum synes i normale tilfælde at ligge i den ytre tredjedel av bækkenet og i en bestemt avstand fra samlebækkenets centrum. Samme forhold, meget vel repræsenteret, finder vi ogsa i Lofotens glaciæle cirkusbækkener som senere skal omtales. Disse fakta er av betydning for forstaaelsen av iserosionen og dens fysiske og mekaniske lover.

Hardangertjorden er likesom Bukkenfjorden for største delen tektonisk betinget av den store foldingsgrav. Den østre side falder nemlig sammen med gravens vestre side. I selve fjorden og paa dens anden side paatræffes de bergarter som almindelig findes i foldingsgraven, og disse er som tidligere nævnt meget mindre motstandsdygtige end urberget. Den nedfoldede urbergsflate paa Folgefonnhalvøens vestside har saaledes tjent som en orienteringslinje for denudationen og er efter hvert blit blottet saa at den nu viser sig som den bratte fjordside.

Til Hardangers store skjønhed bidrar i høi grad de store fosser, som styrter nedover bidalene, som henger mer eller mindre høit oppe paa fjordsiden. Saadanne hengende



daler er almindelige for omraader som er blit i høiere grad paavirket av iserosionen. Man maa dog ikke, som mange geografer, uten videre ta disse hængende bidaler som sikkert bevis for en stor glacial overfordypning av hoveddalen, og man maa spesielt vogte sig for at dra slutninger fra høiden av hængestupet til den glaciale overfordypnings størrelse. I Hardanger viser det sig nemlig ved nærmere studium at flere av de høiest hængende smaa bidaler maa være dannet først under eller efter istiden og saaledes er uten betydning for spørsmålet om hoveddalens overfordypning. Fra Sogn har jeg ogsaa søkt at paavise at et par av de der forekommende hængende bidaler er opstaat ved at den dalgeneration som skulde ha formidlet overgangen mellem de høieste, nu hængende daler og fjorden av en eller anden grund er blit sprunget over og nu savnes. Det er min bestemte overbevisning at man maa gaa meget forsiktig tilverks med de hængende bidaler og ikke før efter nøiagtig undersøkelse betragte dem som bevis og maal for iserosionen. De store fjordbækkener, som ligger paa lovbestemt sted i forhold til det ovenfor liggende glaciale samlebækken og i mundingen er tillukket av bergterskler, er efter min mening fremdeles det sikreste bevis for den store iserosion. Naturligvis vil det vise sig ved nærmere undersøkelse at der ved de norske fjorder findes et stort antal egte hængende daler utvilsomt dannet ved iserosionen, men de detaljerte undersøkelser er ikke skredet saa langt frem, at en sikker utskillelse mellem de egte og falske hængende daler endnu kan gjøres. — De i Nordland forekommende glaciale cirkusser eller som de paa norsk kaldes »botner« er kanske dog de bedste og mest uimotsigelige bevis paa bræenes gjennomgripende virksomhet i topografien. (Se videre herom side 206).

Av særlig stor interesse for flere morfologiske problemer er den kjendte vei fra Eidfjord op gjennom Maabødalen til Vøringsfossen paa Hardangerviddan (fig. 5). Dette dalsystem er til at begynde med meget likt det tidligere beskrevne Dirdal—Hundal. Saaledes slutter hoveddalens typiske glaciale traug ved Sæbø i et glacialt samlebækken, hvor tre bidaler støter sammen. For at komme op derfra til Maabødalen maa man passere et trangt gjel. Maabødalen bøier sig,



i motsætning til det typiske traug omkring Eidfjordvand, mellem mer og mindre langt utskytende dalnes paa grund av at iserosionen i denne bidal har været mindre end i hoveddalen nedenfor samlebækkenet.

Ved Maabø slutter dalen pludselig i en brat skraaning. Umiddelbart ved siden av denne stikker Bjoreias kanjon op og slutter i det svære stup over hvilket Vöringsfossen styrter.

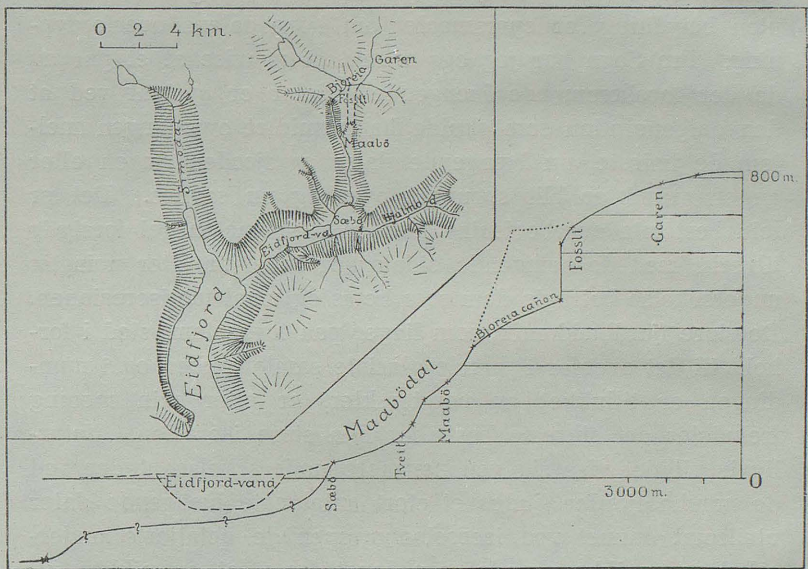


Fig. 5. Eidfjord—Fossli. Kartskisse og længdeprofil.

Hvor stor end denne kanjon er, viser dog hele dens natur at den er meget yngre end Maabødalen. Ser man nærmere efter oppe paa Hardangervidden omkring Fossli, vil man ogsaa finde at Bjoreiadalen paa Hardangervidden har sin naturlige fortsættelse frem imot det sted hvor Maabødalens bratte slut ligger. Fjeldgrunden er i denne egn gjennemfuret av svære sprækker i samme retning som den netop omtalte kanjon. Der er derfor al sandsynlighed for at Bjoreia elv ovenfor Fossli av en eller anden grund i en tid før istiden er avsporet fra sin rigtige bane og kommet ind i den sidefure, som siden er omdannet til den nuværende store kanjon. Gjennem denne avsporing blev Maabø-



dalens gamle slut, over hvilken tidligere elven styrtet i en lignende foss som Vøringsfossen, forladt og ligger nu tør. Efter min opfatning er saaledes Bjoreias kanjon væsentlig en fluvial dannelse til trods for at den i istiden er blit feiet ren og yderligere forstørret.

I end høiere grad end Bukkenfjorden og Hardangerfjorden bærer Bergensomraadet stempel av berggrundens tektonik og geologiske sammensætning. Bergensomraadet tilhører de saakaldte Bergensbuer som i likhet med den tidligere omtalte store foldningsgrav er av Kaledonisk alder, men selvstændig og dannet som store folder av yngre bergarter, presset fra vest ind mot urberget i øst. Bergartene ligger derfor, i overensstemmelse med prof. C. F. Kolderups undersøkelser, i strøk, den ene utenfor den anden bøiende sig omkring Bergen som centrum og avskaaret i vest, saa at det hele danner en serie av buer, aapne mot havet. Samtidig med at disse buer dannedes, opstod i 80—90 graders vinkel mot buerne store sprækkesystemer og svakhetszoner i berggrunden. De mindre motstandsdygtige bergarter i buerne og de nævnte sprækkesystemer er i tidens løp uterodert til daler og fjorder som nu gjenspeiler tektoniken og geologien. Men ikke blot selve bergbuerne, men ogsaa den nærmest i vest liggende del av grundfjeldet har faat stempel av foldningen. Den ytterste med bergbuerne konforme serie av fjorder som er sammensat av Fensfjord, Østfjord, et par vandbassiner paa Osterøen og Samnangerfjorden ligger saaledes tildels paa grænsen av det specielle Bergensomraade, eller helt utenfor dette, i grundfjeldet. Av de indenfor denne serie fjorder liggende strøk av depressioner maa spesielt nævnes den som er sammensat av Mangerfjord, Radøfjord, den ytre del av Sørfjord samt dalen fra Arne til Nesttun. Den inderste bue bestaar av Herløfjord, Byfjorden og Bergensdalen fra Bergen by over Fjøsanger og Nordaasvandet ut til Korsfjord. I ret vinkel mot disse store buer av fjorder og daler ligger Osterfjorden og Sørfjorden mellem Arne og Vaksdal. Sprækkelinjerne i fjeldet i umiddelbar forlængelse av Osterfjorden og ved dens sider samt forkastninger ved Sørfjorden utenfor Trengereid beviser nærværelsen av svakhetszonerne.

Hele dette kompliserte system av fjorder indenfor Bergensomraadet bestaar av bassiner avstængt fra hverandre, og



i mundingen lukket av berkterskler. De kan umulig indran-geres i et normalt dalsystem lutende mot vest; de kan heller ikke forklares gjennom forkastninger eller andre tektoniske forhold; de maa være dannet gjennom isens eroderende virkninger, som paa steder betinget av de fysiske og mekaniske lover for iserosionen og tildels paavirket av de tektoniske og geologiske forhold har naadd sit største resultat i overfordypede bassiner.

Isens eroderende virkninger kan ogsaa tydelig følges i dalen Arne—Nesttun. Før istiden har denne dal været sammenhengende fra Kvam over Borge, Haukelandsvand og Grimevand til Nesttun, men i istiden er den blit avbrutt ved Haukelandsvand saa at den del, som nu ligger nordenfor, skraaner ned mot Sørfjorden og dræneres hit, mens saavel bidalene som bielvene fremdeles har en retning mot syd. Det parti av dalen som ligger vest for Haukelandsvand er ogsaa blit omdannet ved at Grimevand er blit utgravet midt i den. Det hele er et eksempel paa isens evne til at bryte istykker en engang sammenhengende dal i to eller flere partier med motsat fald og abnormt rindende vasdrag.

Indenfor Bergensomraadet kan ogsaa den perifere denudationsflates forhold til indenforliggende daler studeres med stort utbytte. Osterfjorden ovenfor vandflaten kan neppe karakteriseres som en typisk fjord, idet dens sider ikke er rette og bratte, men langsomt skraanende og tildels gaaende over i brede flater inde ved fjordstranden. Man maa betragte denne del av fjorden som en langt utviklet almindelig fluvial dal hvis oprindelige bund nu repræsenteres av flaterne ved fjordstranden. Mot øst blir fjorden stadig trangere, og den gamle dalbund stiger og danner terrasser og hylder i fjeldet. Mot vest derimot blir bundflaterne stadig større og bredere samt forener sig med vedliggende omraader av samme karakter til meget store, aapne og jevne flater. Lignende forhold kan ogsaa sies at forekomme ved Bergensdalen og dens fortsettelse ut gjennom fjordene i vest og ind mot dalene i øst. Overgangen mellem daler, fjorder og den ytterst liggende perifere denudationsflate er overalt kontinuerlig. Sammenhængen mellem disse er uomtvistelig. Kommer man derimot direkte ut til den ytre skjærgaard uten at ha set de indenfor



liggende fjorder og daler, kan man være tilbøielig til at tænke sig den perifere denudationsflate dannet av det utenforliggende hav, en hypotese som man av det ovenstaaende dog vil forstaa ikke er berettiget.

Fra Syd-Norge skal vi nu gaa over til Nordland, som kanskje i endnu høiere grad er eventyrlandet ikke bare i sagaernes verden, men ogsaa for den alvorlige geograf og kanskje mest for den kjedelige morfolog. Lofoten er i topografisk henseende enestaaende. For at forstaa Lofoten maa man først søke at danne sig en opfatning av dets utseende inden isen begyndte sin helt omdannende virksomhet. Søker man gjennom den skare av større eller mindre øer som danner Lofoten og Vesteraalen, vil man paa enkelte steder finde omraader som mer end andre har bevaret den gamle eller oprindelige topografi. En saadan ø er f. eks. Vestvaagø. Gjennem studiet av denne ø og ved sammenligning med andre lignende omraader kommer man til den opfatning at Lofoten før istiden bestod av en samling mykt formede bergomraader, skilt fra hverandre ved brede daler med flat bund, som i likhet med forholdene i Syd-Norge utenfor selve bergomraadet sluttet sig sammen til en perifer denudationsflate. Likesom i Syd-Norge har man ogsaa i Nordland trodd at der foreligger en strandflate dannet av havet. Lofotens gamle topografi hadde med den opfatning av dens natur, som nu er skildret, karakteren av en bergkjede denudert saa længe, at de tidligere sammenhengende bergrygger var blit splitret og kun isolerte høider stod igjen mellem de rikt forgrenede dal-systemer. I den første istid da indlandsisen sandsynligvis gik over hele Lofoten, blev de runde former endnu mer myke. I den sidste istid derimot dækket indlandsisen ikke hele Lofoten, men der forekom kun lokale bræer. Disse har helt omdannet den tidligere ubrutte topografi.

Grænsen for indlandsisens ytre kant og overflate indenfor Lofoten er av helt dominerende betydning for forstaaelsen av forløpet av denne sidste akt i topografiens utvikling. For at faa greie paa den maa man følge topografiens forandringer fra svensk side av riksgrensbanen ned til Narvik, ut gjennom



Ofotenfjord og langs med Lofotensmuren til de ytterste øene Værø og Røst. Den rolige og av store bølgende linjer beherskede topografi i Sverige blir mot vest i Norge stadig mer sønderbrutt og indesluttet av brutte hakkede linjer. Spidse tinder og kammer møter øiet overalt. Man finder dog snart at nogen av de høieste tinder løfter sig mere isolert og fritstaaende end de andre, som taarne over en bys hustak; de andre og lavere tinder staar alle i kontakt med ryggen til glaciale botner eller cirkusser. De fritstaaende tinder er gamle nunatakker, som har stukket op ovenfor den sidste indlandsis's overflate og der faat sin tilspidsede form, i fuld overensstemmelse med de forhold som endnu forefindes indenfor egne med store isfelter saasom Spitsbergen og Grønland. Man kan paa disse nunatakfjeld i Ofoten fastslaa hvor høit indlandsisen har naadd. Under dennes øverste grænse begynner de rolige og hvælvede former i skarpeste motsætning til de spidse former ovenfor. Som eksempel paa et saadant fjeld kan nævnes Kongsbaktindene paa hvis bølgeformede basis løfter sig, likesom en slotsruin med taarne, nunaktindene. Grænsen for indlandsisens overflate ligger i disse egne omtrent 1000—1200 meter over havet, et maal som er blit bekræftet ved T h. V o g t s bestemmelse av grænsen for skuringsstriperne paa et fjeld i nærheten av Narvik. Fra Narvik synker grænsen ut mot vest og ligger ved søndre side av Saltenfjorden midt imot Bodø omtrent 900 meter over havet efter en bestemmelse paa den pent formede Bordtinde paa Aasetindryggen. Ute i Lofoten er det vanskelig at gjøre nogen sikre bestemmelser, men der synes at være grund til at anta at den ytre grænse for indlandsisens kant har ligget ved søndre del av Vestvaagø. Over Andøya ligger en række store moræner som sandsynligvis markerer et av de ytterste strøk av indlandsisens kant, men til den ytre del av Langø har den samlede ismasse sandsynligvis ikke naadd.

Paa de omraader som har ligget ovenfor indlandsisens overflate og utenfor dens kant er der dannet lokale bræer i de depressioner som har været av den form og størrelse at større mængder sne der har kunnet samles. Jo større det omraade har været som har ligget frit av indlandsisen, desto større har ogsaa de lokale bræer været, men kun indtil



en viss grænse i vest, hvor de klimatologiske forhold har lagt hindringer i veien for dannelsen av bræer. Det er ogsaa sandsynlig at hele det nuværende landomraade og vedlig-

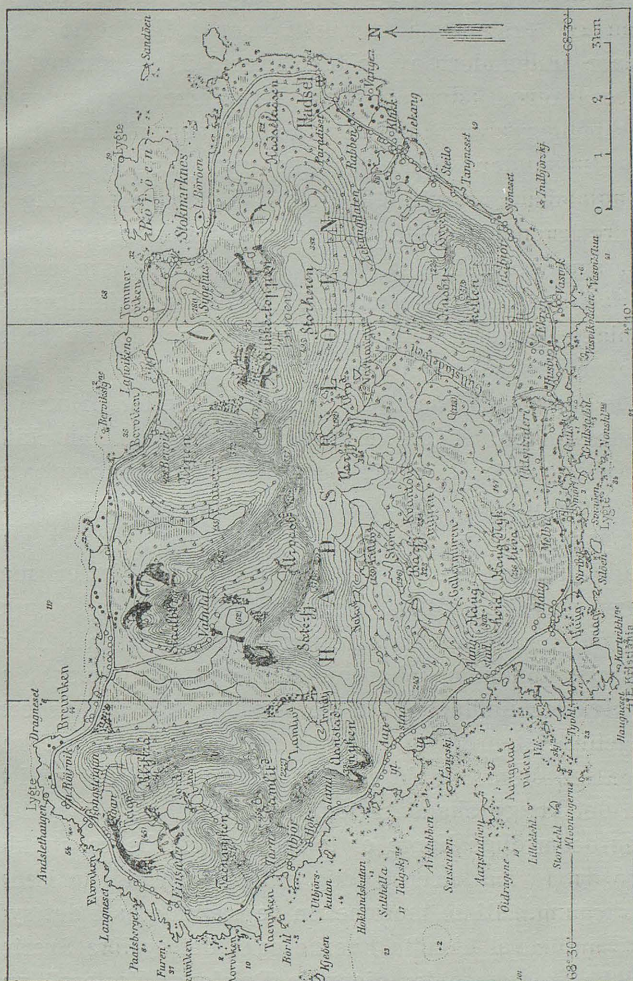


Fig. 6. Hadseløen i Vesteraalen. De tykke, sorte streker betegner endemorænevolder foran de glaciale cirkusser og cirkusdaler.

gende distrikter i det mindste i begyndelsen av den sidste indlandsis har ligget høiere i forhold til havet end nu. De lokale glaciereer fløt sammen til store ismasser i dalene og de nuværende fjorder hvor de tildels forenet sig



med den ytterste del av indlandsisen fra øst. Omraadet lignet saaledes deler av Grønlands nuværende kyststrækning.

Om de lokale bræers utbredelse og størrelse i forskjellige perioder av den sidste istid gir visse omraader paa Vestvaagø og Hadselø interessante og gode opplysninger. Ved Stam-sund paa den førstnævnte ø forekommer i fjeldet to store depressioner utdenudert av lokale bræer. I munden av disse depressioner ligger en lav bergterskel og indenfor denne, avstængende den inderste del av den glaciale botn, to endemorænevolder. Disse moræner markerer to bestemte stadier i de lokale bræers utbredelse. Det er sandsynlig at den utenforliggende bergterskel ogsaa markerer et visst utbredelsesstadium, som dog maa være ældre og fra en tid da bræene var meget større end da de indenforliggende morænevolder dannedes. Lignende forhold men endnu bedre utdannet træffer man paa Hadseløen (fig. 6). Paa dens nordre side ligger den ene store glaciale botn eller cirkus ved siden av den anden. Indenfor disse cirkusser kan man skille ut to forskjellige deler, en indre typisk botndannelse og et ytre bredere og mer dal-lignende parti. De indre og yngre deler er uten vegetation og omgitt av nøkne fjeldsider, mens de ytre og ældre dalpartiers sider er dækket av taluskegler med sammenhengende vegetation. De indre deler har de to endemorænevolder foran sig. De ytre partier er — ogsaa i likhet med forholdene indenfor Stamsunddistriktet — avstængt ved lave bergterskler undtagen ved den vestligste dalcirkus som i munden desuten er lukket av en moræne. Det bemerkelsesverdige ved disse forhold er at morænene altid optrær i to trin. Fra det øvrige Skandinavien, fremfor alt fra det sydlige Sverige og det sydlige Norge er to morænetrin bedre utviklet end andre og de markerer tydelig et langt opphold av isen i dens tilbakegang. Disse morænetrin representeres i det sydlige Norge av de vel kjendte Raerne og i det sydlige Sverige av en række morænevolder gjennom Dalsland, Vestergötland og Östergötland og i Finland av den svære ryg av glacialt materiale som kaldes Salpaussälkä. Salpaussälkä og Raerne er fordelt i to ved siden av hinanden liggende rygger, og endog paa visse steder i Sverige er totallet fremherskende. Professor J. H. L. V o g t har fremholdt at i Nordlands fjorder op-



trær paa mange steder store morænevolder og glaciale marginalterrasser overalt fordelt paa to trin; beliggenheten er ogsaa saadan at man har al grund til at anta at disse doble trin svarer til de i det sydlige Norge, Sverige og Finland. Professor De Geers undersøkelser over den »varviga leran« har bekræftet denne opfatning. Da nu de samme markerte todelte morænetrin optrær paa øene i Lofoten og Vesteraalen i en beliggenhet ved de glaciale cirkusser, som peker paa et ophold i de lokale bræers tilbakegang paa omtrent en tredjedels avstand fra maksimumsutbredelsen, er der efter min opfatning meget stor sandsynlighet for at disse to morænetrin ogsaa svarer til de netop nævnte i det sydlige Skandinavien. Med utgangspunkt herfra er det efter min opfatning ogsaa sandsynlig at det stadium som markeres av de i munningen av cirkusdalen liggende bergterskler — og som ved det østligste av Hadseløens cirkusser ogsaa markeres av en moræne — betegner det ytterste utbredelsesstadium av den lokale glacier eller med andre ord det stadium som den store skandinaviske indlandsis hadde da dens kant stod i det nordlige Tyskland og Danmark. Mot omraadene fra de inderste cirkussers nøykne, bratte fjeldsider ut til den ytterste mundingsterskelen paa Vestvaagø og Hadselø svarer saaledes samme omraade som indenfor Østersjødalen strækker sig fra det nordlige Tyskland, gjennom Østersjøen og Botnhavet til isdeleren i det svenske Norrland. Grunden til at det ytterste stadium i de lokale bræers utbredelse bare betegnes av bergterskler er at indlandsisen efter større isstrømmer her har strøket forbi og bortført det materiale de lokale bræene førte med sig til sin kant. Til den vestligste av Hadseløens cirkusser synes derimot indlandsisen ikke at ha naadd, hvorfor her ogsaa har kunnet dannes en moræne.

Av Hadseløens cirkusser er i morfologisk henseende den nedenfor Staaltind den merkeligste. (Fig. 7). Fjeldet er formet som en sukkertop, men paa den ene side har en liten lokal bræ ligget og uterodert sit leie til en dyp cirkus som i bunden er forsynet med et litet bassin, lukket av en bergterskel og de to ordinære morænevolder. Fjeldet ser fuldstændig ut som en vulkan med sit krater. Bergartene er her eruptive, hvorfor nogen kemisk opløsning i likhet med Dolinerne i Dal-



matien er utelukket; enhver tanke paa tektonisk dannelsesmaate av cirkussen er ogsaa umulig. Der kan ikke tænkes et mer talende og uimotsigelig bevis paa den store evne til vertikalerosion av selv en liten bræ end denne cirkus.

Cirkusser av lignende natur men meget større og mer komplicert forekommer paa den merkelige Moskenesøen.

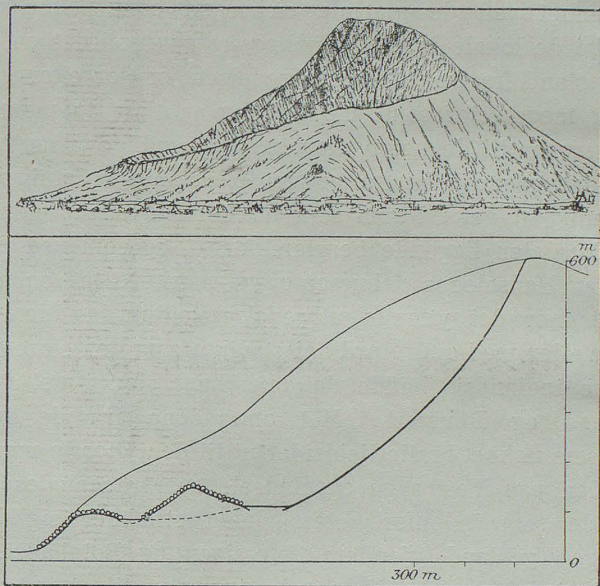


Fig. 7. Staalbtind paa Hadseløen med dens glaciale cirkus eller botn. Fjeldet set fra NW., tegnet efter fotografi; profil over cirkussen.

Denne ø er nu splittet istykker av større eller mindre cirkusser til et maanelandskap i miniatyr. Et værre terræng at komme frem i er vanskelig at finde. Cirkusser i alle forskjellige utviklingsstadier findes her repræsenteret, kanske bedre end noget andet sted paa jorden. Den glaciale erosion har her været saa gjennemgripende at der av den gamle eller oprindelige topografi bare findes igjen et par smaa flater, der likesom smaa kalotter avstumper de kegleformede eller pyramideformede fjeld. En udmerket beskrivelse av disse gamle flater er levert i Norsk geografisk Tidsskrift av T. h. V. o. g. t.



Hvad angaar cirkussene saa ligger de ovenfor hinanden likesom trin i en trappe (fig. 8 og 9). De fleste er saa langt udviklet at bunden er blit utgravet til større eller mindre fjeldbassiner. Bergterskelen fremfor disse er renfeiet og forsynet med nydelige skuringsstriper. Cirkussene og klippebas-

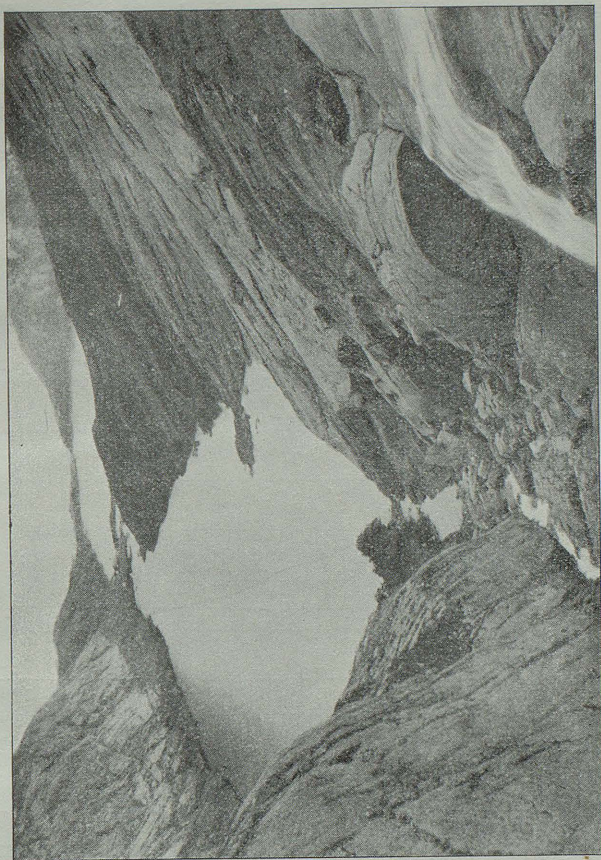


Fig. 8. »Cirkus-trappen« Tredalsvand—Studalsvand—Tindsvand set fra Fjæredalsvand; Moskenesoen i Lofoten.

sinene ligger aldeles uforandret fra den gang isen forlot dem. Av speciel interesse er disse cirkusbækkenes dybdeforhold. En del lodninger som blev foretaget paa isen i mars 1917 gir nogen forestilling om bassinenes morfologi under vandflaten. Trolddalsvandet som er av de største cirkusbassiner, men dog kun 4.7 km. langt og paa det bredeste sted 1.8 km. bredt, er over 120 meter dybt inden hele sit centrale parti. Fjeldsiden



omkring dette vand er i sit nedre parti glattet og forsynet med skuringsstriper, mens de øverste partier er røe. Grænsen mellem disse to deler betegner sandsynligvis overflaten av den lokale glacier. Paa grund herav kan man fastslaa, at den glacier som engang fyldte og dannet denne cirkus, til slut har været 150—300 meter tyk. Det nærliggende Aavand er ikke saa dybt som Trolddalsvand. Dypfjord, Studalsvand og Reinevand er derimot i forhold til sin størrelse meget dype.

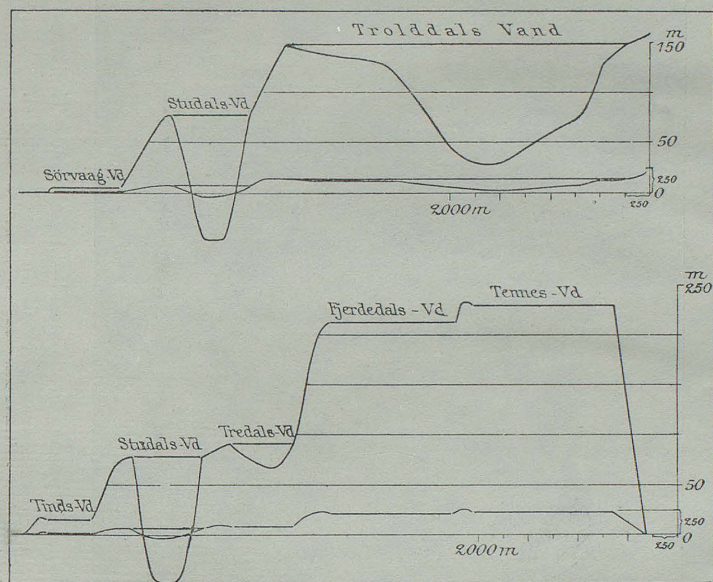


Fig. 9. Længdeprofil over to »cirkustrapper« paa Moskenesøen i Lofoten. 0-linjen betegner havoverflaten; maalestokken 1 : 10 og 1 : 1.

Samtlige disse bassiner har sit dybdemaksimum i den ytre tredjedel og stemmer overens med de store fjorder ogsaa i andre morfologiske træk. En vigtig forskjel er imidlertid at ved cirkussene har isen bevæget sig fra den inderste fjeldvæg, mens isen i fjordene har bevæget sig over fjordbunden, og at cirkussene kun tildels har været fyldt av is, mens fjorden oversvømmedes av den. Samme fysiske lover som bestemte de lokale bræers virksomhet ved cirkusbassineres dannelse har ogsaa gjældt ved indlandsisens dannelse av de store fjeldbækkener. De førstnævnte er dog meget enklere



og lettere at undersøke i detaljer hvilket ogsaa skaffer dem deres store værdi som studieobjekt.

Der findes særdeles meget igjen paa Moskenesø at gjøre for en geograf. Det her omtalte er bare nogen av de mest almindelige og vigtige træk i øens morfologi. Det samme gjælder ogsaa for alle de her forut behandlede omraader. Jeg har bare hat anledning til at berøre nogen faa fænomener, men haaper at disse skal gi impuls til større interesse for og arbeide med den natur som mer end nogen anden paakalder opmerksomhet og videnskabelig arbeide.

## Spitsbergens fysiske geografi.

Av W. Werenskiold.

Rundt Spitsbergen ligger skodden og ruger over drivisen, og for det meste ser man ikke land før en er kloss inde under fjeldene. Men undertiden kan det hælde at landet ligger klart i solskinet i hele sin længde fra nord til syd, og det er et underlig syn. Det første man faar øie paa, er Hornsundtinden, 1430 meter høi, skarp og tagget som et pigsvin. Saa dukker der op flere av samme sorten — vi diskuterer hvad det kan være for nogen — Haitanden, Tschebycheff og Sofia-kammen — fjeld med underlige navn og vildt utseende, i en lang rødgul række. Eftersom vi kommer nærmere, dukker mere av landet frem — tinder og botner, urer og fonner, og hist og her en grøn flek i liene, og saa svære bræer som gaar ut i havet med lodret front — og en lav flat graa brem langs kysten. Skal vi en tur paa land, maa smaabaatene brukes; kysten er fuld av rev og »rakser« (rocks), og større fartøier faar ankre et stykke utpaa. Det er ikke saa let at komme frem med letbaaten heller, det gjælder at finde en plads hvor dragsuget ikke er for fælt. Har man sat foten paa landjorden, saa maa baaten trækkes op, en ti—tyve meter indover land, for at ikke floen skal ta den ut; der er nemlig stor tidevandsforskjel paa denne kyst, henimot to meter. Saa krabber vi op langs et bækkegjel i skrenten og kommer op paa en



slette, 10—20 m. over havet. Her er alting vaatt og bløtt, vaspytter og myrhul allesteds, men allikevel stikker berget frem ret som det er; flatlandet er ikke nogen opfylding, men er virkelig en avsats i berget. Borte ved nogen grønne moseflekker gaar en gaaseflok, oppe i uren er der tusenvis av »rotjes« eller alkekonger. Landet der indover er et terra incognita — tinder og bræer i massevis — man drøfter tindernes bestigelighet og planlægger turer indover bræene — imens er der kommet en fin taakestripe halvveis oppe i fjeldet, og en times tid efter er skodden saa tyk, at man ikke ser mere end 50 meter. Folk som holder til i en kulgrube afficeres ikke stort av veiret, men for dem som færdes paa sjø eller land rundt omkring Spitsbergen er veiret en viktig faktor, som saa meget mere er gjenstand for diskussion, som det er ganske uberegnelig.

**Klima.** Spitsbergen er et arktisk land, med mørketid, sne og kulde, og en kort lys sommer — eller vaar — som slutter braat, netop som det ser bedst ut. De klimatiske forhold sætter sit præg paa hele landets karakter i en langt høiere grad end vi er vant til i den tempererte zone.

Solens centrum gaar under horisonten den 25de oktober i Green Harbour, kommer op igjen 17de februar, saa veksler dag og nat paa almindelig vis til 20de april; saa holder solen sig over horisonten dag og nat til 23de august. I mørketiden og »lystiden« er der liten forskjjel paa dag og nat, ja i februar er det helst nogen tiendedeler kaldere kl. 2 middag end kl. 8 aften. I april og mai er forskjjellen størst, gjennemsnitlig 2.5°, i juni, juli, august og september er forskjjellen bare 1°. Om sommeren kan termometret gaa op til 10—15°, naar veiret er klart og stille; da kan solen steke riktig bra. Men dette staar ikke saa ofte paa, ialfald ute paa vestkysten. Her er veiret idethele daarligere end inde i fjordene, mere taake og nedbør. Er veiret klart og stille om vinteren, saa dumper termometret ned til 40° og vel saa det; men begynner det at blaase, saa jevnes temperaturen mere ut. Ret som det er, har de bare 0° paa Spitsbergen midt paa svarte vinteren. Der kommer da varm luft med søndenvind fra det aapne hav i sydvest.

Der ligger undertiden et omraade med hoit lufttryk over Spitsbergen, med klart veir, og ekstreme temperaturer: koldt



om vinteren, varmt om sommeren. Men som oftest passerer der det ene minimum efter det andre. De fleste gaar omtrent over Bjørnøen. Det begynder da med østenvind og nedbør paa Spitsbergen, saa skruer vinden over mot nordost, og saa er der pent veir paa vestkysten en dags tid med faldende barometer. Landvinden er jo tør og fører klarveir med sig; men det varer ikke længe. Eftersom minimum kommer længere østover, blir vinden mere nordlig og gaar over til nordvest, med surt graaveir, »nordangraa«. Saa begynder en ny rundtur. Men undertiden passerer et minimum nordover langs vestkysten, eller tvers over landet. Luften suges da tvers over Spitsbergen, og enkelte passager hvor landet er forholdsvis lavt, virker da som kanaler for luftstrømmene. I visse fjorder kan da vinden blaase med orkanagtig styrke; det er Hornsund, Van Mijen Bay og Sassen Bay som er værst. I Hornsund oplevet vi en storm i 1918, fra 19de—23de juli, som var ganske fæl: en baat blaaste høit tilveirs og etterhaanden flere kilometer bortover øren; den slog sig totalt i filler. Samtidig var der storm i de andre fjorder paa vestkysten. Vi anslø vindstyrken til ca. 35 m/sek. *Russeltvedt*, som overvintret paa Axeløen foran Van Mijens Bay, maalte der vindstyrker paa 40m/sek. Det er orkan; i saa sterk storm kan man vanskelig holde sig paa benene. Disse østenstormer er rene »føhnvinder«, tørre og forholdsvis varme. Vaspytter tørker ut, og sneen smelter bort av bræene, som blir liggende blaagraa og skitne. Veiret er halvklart, over fjeldene staar der stormhatter — uldne skydotter paa luvsiden. Fænomenet er i almindelighet ganske lokalt begrænset — litt tilside for fjordmundingen kan det være blik stille, mens stormen brøler ut gjennom fjordkjæften. Man kan da lang vei unda se en skykost staa ut gjennom fjorden. Lignende kan man forresten se flere steder i Norge, f. eks. ved munningen av Sjøna i Helgeland.

Passerer et minimum videre nordover, blir det sydost med adskillig nedbør, saa syd og vest med taake.

Motsætningen mellom det kalde isdækte areal i nord og øst og det forholdsvis varme aapne hav i vest og syd fører til at veirforholdene idethele blir meget ustadige. Det er uvist om der idethele findes nogen meteorologisk station som



viser større uregelmæssighet end Green Harbour. Dette viser sig mest om vinteren. Da avhænger temperaturen bare av skydækket og vinden. I klart veir er utstraalingen meget sterk; dette viser sig allerede første nat som midnatsolen er borte. Isflakene ligger og tiner, og i stille veir danner der sig et lag av ferskt vand og ca. 0° i overflaten. Er himmelen klar, blir utstraalingen om natten saa sterk, at ferskvandet fryser paa et par timer, saa man ikke kan komme frem med robaat. Men kommer der saa vind, da blir isen snart slaat op igjen, vandet blandes op og blir saltere og varmere i overflaten. Skjælisen forsvinder da snart.

Men selv midt paa sommeren merker man utstraalingen; det er kaldt i skyggen. Nat til 5te august 1919 holdt jeg paa med at maale op Sydkapøya; den er flat og myret i den sydlike del, og der var en hel del smaa tuer. Solen stod lavt i nord, og bak hver tue blev der en skygge, og i hver skygge slog der sig ned rim.

Klarveir og stille er hyppigere inde i landet end ute ved kysten. Finest er veiret i Cross Bay og Kings Bay. Disse fjorder er omgit av fjeld paa alle sider undtagen mot nordvest, og der kommer lite dravis.

Blaaser mild og fugtig luft henover drivisen, saa kondenseres fugtigheten og der blir taake. Baade taake og regn er hyppigere langs vestkysten end inde i fjordene; værst er vel Sydkap. Her er der skodde med alleslags vind, undtagen NNE, og da er der fint veir bare halvanden dag.

Taaken ligger i vandrette lag over store strækninger — sommetider dækker den lavlandet til en hoide av et til to hundrede meter, men ofte ligger den langs fjeldene i en hoide mellem 350 og 500 meter, med klart veir ovenpaa. Slike veirforhold er ærgerlige for topografene.

Taaken danner sig ofte paa fine, varme, klare dager. Der kommer sigende kold polarluft ind fra havet, og denne løfter gradvis op den varme luft, til den blir saapas avkjølet at vanddampen kondenseres. Paa slike dager mørker man at det er betydelig varmere over skylaget end under — det er ikke bare solskinn som gjør det, men selve luften er ogsaa varmere over skoddehavet.



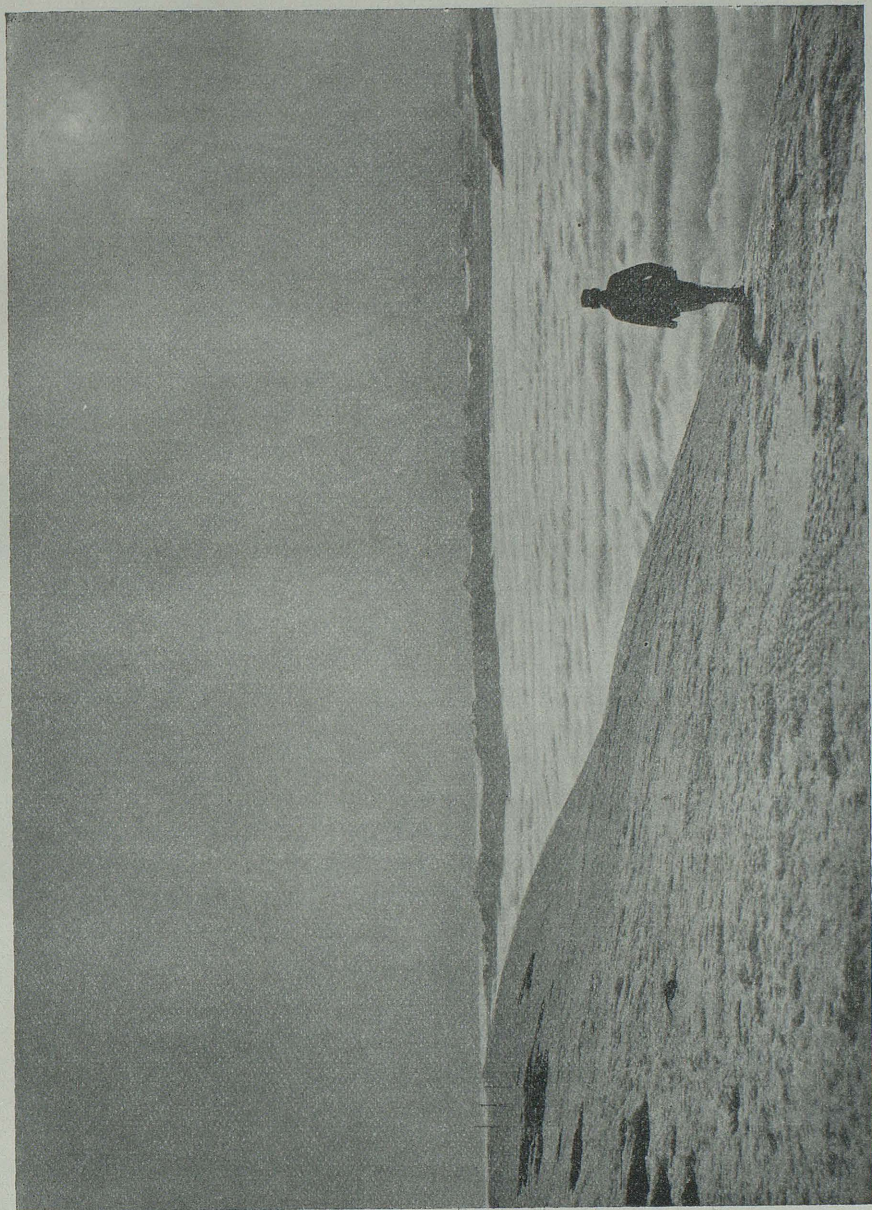


Fig. 1. Skodde over bræen. Fra Diademmet. Øst for Kings Bay.



Nedbøren er høist variabel, men meget mindre end man skulde tro. I Green Harbour er den i gjennemsnit for aaret (1912—15) bare 262 mm., mindst i mai og juni, resp. 7.5 og 11.6 mm. I juli har nedbøren været størst i tre av disse aar, men i 1914 registrertes 0 mm. for juli maaned. Ute paa vestkysten er nedbøren visselig meget større, over dobbelt saa meget skulde jeg tro. Herute kan det regne reelt — ellers er det mest bare fin støvregn. Ret som det er kan det begynde at sne midt paa sommeren ogsaa. Om vinteren sner det ganske meget, men inde i dalene blaaser sneen straks sammen i haarde skavler, og den nakne jord ligger frem i dagen. Midt paa vinteren kan det hände at der staar sandstormer ut gjennom dalene — et ganske merkelig fænomen i et arktisk land. Der findes ogsaa sandslitte stener som man ellers bare ser i ørkner. Sneen fyker ogsaa for størstedelen ned av plataaene og ned i enkelte grøper og botner.

At bakken paa denne maate blir liggende bar over store strækninger virker til at forøke tykkelsen av tælen. Under sne fryser jo ikke bakken, men naar sneen fyker bort, blir det en anden sak.

Middeltemperaturen i Green Harbour er ca.  $-9^{\circ}$ . Da temperaturen stiger ca.  $3^{\circ}$  pr. 100 meter nedover i jorden, skulde vi træffe nul i omtrent 300 meters dyp. Dette har ogsaa vist sig i en kulgrube; 312 meter under overflaten fik de der  $+ \frac{1}{2}^{\circ}$ . Tælen er altsaa 300 meter tyk. Under fjordene og bræene er der sandsynligvis ingen tæle, under fjordene, fordi vandet ikke har lavere temperatur end ca.  $0.5^{\circ}$ , under de større bræer, fordi bræelvene som strømmer frem om vinteren ogsaa, viser at det tiner paa undersiden av isen.

Inde paa bræene kan solen varme godt om sommeren, men lufttemperaturen blir ikke mere end 2—4 grader. I solskin er luften meget tør paa indlandsisen, og vaate plag tørker i en fart.

Baade paa bræene og ute ved kysten er der ofte de merkeligste luftspeilinger naar veiret er stille. Der kan da danne sig tydelige lag av forskjellig luft, og grænsen mellem to luftlag av forskjellig temperatur virker under visse forhold som et speil. Smaa konvektionsstrømmer over opvarmede fjeldmarker forstyrrer ogsaa lysstraalernes gang, og det blir



da vanskelig at se tydelig i landmaalerkikkertene; varderne ser ut som bevægelige snyltedyrt av en eller anden sort.

Luftens absolute fugtighet er meget liten, omend den relative kan bli stor. Ved tilbakekomsten til Tromsø synes man det er helt vanskelig at puste i den fugtige tykke luft.

Havet rundt Spitsbergen. Det spørsmål som interesserer ishavsfarerne mest, er det: Hvordan ligger isen? Det kan være høist forskjellig i de enkelte aar, men der er allikevel visse karakteristiske træk som kommer igjen hvert aar. I øst og nord for øgruppen ligger polarisen, men opover langs vestkysten er der en stor bugt i isen, med vandtemperaturer over 0°; saa sent som i slutten av november maalte kaptein Otto 4° varme i overflaten 10 mil vest av Sydkap (1872). Det hænder av og til at havet er aapent oppe ved Kings Bay midt paa svarte vinteren. Den tyske publicist Lerner reiste med en kutter rundt nordsiden av Spitsbergen helt bort til Sjuøyene saa tidlig som i april maaned 1913. Men rigtignok mistet han kutteren snart efter, idet den blev knust av isen. Om sommeren kan man i almindelighet gjøre regning paa at komme ind til den nordlige del av vestkysten uten at hindres av is. Nordkysten er mere resikabel at befare, og østkysten er sjelden tilgjengelig længere tid av gangen.

Det aapne vand i vest skyldes Golfstrømmen som sætter op her; paa Spitsbergens kyster kan man av og til finde de store nyreformede frø av en vestindisk erteplante, *Entada gigalobium*, som er drevet med strømmen.

Det er vel det mest slaaende bevis for at vandet kommer fra tropiske strøk.

Barents-havet er temmelig grundt, og falder av med en brat kant mot de store dyp i Norskehavet. Eggen gaar fra Norges kyst og vestenom Bjørnøya, herfra gaar en banke med bare 200 meter vand over til Spitsbergen og strækker sig som en platform rundt øgruppen.

Golfstrømmen følger for en væsentlig del denne egg, men en gren av strømmen gaar ind i Barentshavet og bort til Novaia Zemlia.

Norskehavets store dyp fortsætter helt op mot Spitsbergen. Under 6—700 meters dyp træffer man her alle steder et paa-faldende homogent vand, med saltholdighet paa 34.90 ‰<sub>00</sub>,



helt til bunds. Temperaturen er ikke fuldt saa ensartet, men er gjennemgaaende ca. 1°.

Golfstrømvandet som er varmere og saltere ligger over dette kolde bundvand langs eggen utenfor Spitsbergens vestkyst. Saltholdigheten er 35 ‰ og temperaturen op til 4—5° paa det varmeste. Men dette varme vand kommer sjelden helt ind til kysten — over bankerne ligger koldere men ferskere vand, saltholdighet ca. 33 ‰ og temperatur endog under 0°. Dette vand kommer rundt Sydkap, og er av samme slag som overflate-lagene i det store polarbassin.

Langs Spitsbergens vestkyst er de forskjellige slags vand ordnet slik, at de letteste lag ligger øverst og inderst; grænseflaterne holder paa skraa mot land, mens selve overflaten ligger nogen cm. høiere inde under land end ute over dyphavet. Dette kommer av jordrotationens »avbøiende kraft«, som vil drive alle ting som bevæger sig, mot høire paa den nordlige halvkule, mot venstre paa den sydlige.

Strømmen vil derfor smygge sig saa nær land som mulig, men derved samler det lettere overflatevand sig indunder land. Men nu vil naturligvis vandet ha en tendens til at utbrede sig i horisontale lag, saa det lette ligger øverst allesteds. Paa den ene side vil kystvandet drive utover til venstre, paa den anden side vil jordrotationen drive det til høire; disse to tendenser maa holde hinanden i likevegt. Ut fra dette ræsonnement kan man beregne strømmens styrke av fordelingen av den specifike vekt i vandet. Moh n forsøkte en slik beregning, men paa den tid var dypvandsobservationene endnu saa mangelfulde at det ikke gav videre brukbare resultater. Nansen har beregnet strømmen ved nordvesthjørnet av Spitsbergen, og samtidig maalt den; beregningene og maalingene stemmer ganske bra overens.

Nordenfor Spitsbergen kommer en polarstrøm fra øst; de sidste utløpere av Golfstrømmen bøier av mot nord og vest og gaar op i Polarstrømmen. Det er en del av begyndelsen til den Østgrønlandske strøm.

Variationer. Det beror paa det gjensidige forhold mellem disse strømmer, om havet skal være aapent eller ei. Undertiden kan Sydkapstrømmen næsten ikke merkes, der kommer da lite dravis paa vestkysten. I 1918 f. eks. gik det







Paa Nordlandet er der ogsaa meget variable isforhold. Undertiden kan man seile bortover til Sjuøyene eller endog helt rundt om Nordostlandet, undertiden stopper isen allerede ved de første odder, saa man ikke kan komme ind i Wood Bay f. eks. hele sommeren.

Den store polarstrøm som videre gaar sydover langs Grønlands østkyst, passerer vestover forbi Spitsbergens nordkyst; denne strøm kjæmper med de sidste utløpere av Golfstrømmen, og alt eftersom den ene eller den anden strøm vinder overhaand, blir der meget eller litet is.

Der har været observert aapent vand med østgaaende strøm ved Sjuøene; under visse forhold kan altsaa aabenbart Golfstrømmen gaa helt dit bort, mens den ellers svinger nordover allerede ved munningen av Hinlopen Strædet, eller vestenfor.

En nærmere undersøkelse viser, at vindforholdene maa ansees som den viktigste aarsak til disse store variationer. Har der blaast østenvind længe, saa drives isen rundt Sydkap og ræker saa nordover langs vestkysten; er der meget søndenvind, saa pakkes Storfjorden fuld, mens vest- og nordkysten blir aapne. Nordenvind sætter isen ind mot nordkysten, men feier fri Storfjorden.

Et andet spørmaal er det, om vi kan opstille nogen regel for vindfordelingen de enkelte aar. Man har jo i længere tid forsøkt at finde visse perioder for veir og vind, og efter Nansen og Helland-Hansens sidste arbeide synes det som om man er kommet betydelig nærmere løsningen av disse interessante og viktige spørmaal.

I sen. Fjordene fryser hver vinter og gaar op igjen ved Sankt Hans-tider. Isen blir ca. 1 m. tyk i løpet av vinteren. Flakene i drivisen ved Sydkap er for det meste ca. 2.75 m. tykke. Man kan noksaa let maale det, for gjennomsnittlig ligger  $\frac{1}{8}$  av tykkelsen over vandskorpen.

Disse forholdsvis tynde flak er bare et par aar gamle, og er rester av is som er frosset i havet østenfor. Men ofte kommer der isflak som er 1 m. høie over vandet — de er da 8 m. tykke.

Drivisen ved nordkysten bestaar bare av slik grov »polarbaks«.



Disse store bakser har ligget mange aar i Polarhavet. Den øverste del av slike gamle iser er ganske fersk; saltet render ut av dem om sommeren. Ofte er isflakene skrudd op i koss, som kan se underlige ut. Men rarest er kalvisen naar den ræker ut av fjordene om vaaren. Bræene kalver om vinteren ogsaa, men klumpene blir liggende i fjordisen og stables op i hauger som fryser sammen. Naar fjordisen gaar op, saa slipper de fri. Der kan da komme drivende de underligste skapninger, ofte ligner de kameler eller svaner. Slike skal man helst holde sig unda — de kan let kapseise, og da sætter de en aldeles uberegnelig sjø.

Det er interessant at se isen i høi dønning — helst naar man selv ligger trygt. Smaa-isene danser op og ned med bølgerne, men de store isberg rigger næsten ikke paa sig. Der er nogen middels store iser som slænger ganske voldsomt.

Hvis et isflak faar en dult, saa vil det rugge litt op og ned, med en bestemt svingetid som avhænger av dimensio- nene. Hvis det nu falder sig slik, at denne naturlige svinge- tid falder sammen med bølgeperioden, da blir der resonans, og utslagene blir voldsomme. Flakene løfter sig høit op og slaar vandet under sig saa spruten staar.

Store høie iser gaar ogsaa dypt, og kan ha størstedelen av tversnittet i vandlag, som bevæger sig anderledes end over- flatelagene. Derfor seiler ofte de store koss midt mot strøm og vind, og pløier tilside smaaisene.

Om sommeren tiner isflakene mest i vandskorpen; der blir en hulkile like i vandskorpen, og et utoverhængende tak ovenfor, men en bred isfot nede i vandet. Blir takene for brede, saa ranler de ned, flaket skvalper op og ned og sætter sjø. Idethele maa man passe sig naar man skal ro i driv- isen. Slemmest er skruingene — isflakene presses sammen med en uimotstaelig kraft. Det er helst naar tidevandet tørner.

Store isberg gaar ofte paa grund, og staar da paa samme flekken til floen tar dem av igjen. Ukyndige folk kan ofte forveksle dem med øer eller skjær, — tilmed er de ofte svarte av grus og sten.

T i d e v a n d s s t r ø m m e r. Der er temmelig stor for- skjel paa høi- og lavvand paa Spitsbergens kyster; inde i



Advent Bay er tidevandsforskjellen maalt til 1.6 m., men ute paa vestkysten synes den at være større, henimot 2 meter. For en ekspedition i robaater betyr dette et ekstra slit: baa-tene maa trækkes op saa de staar »flofrit«, kanskje 20 meter opover en skraa sandfjære.

Langs hele kysten gaar tidevandsstrømmene ganske stride; de gaar nordover med stigende vand. Naar strømmen er paa det sterkeste nytter det ikke at ro mot den. Forbi enkelte odder og i visse sund er den værst — saasom i Forlandssundet og ved Sydkap. I Hinlopen Strædet gaar strømmen frem og tilbake saa sterk, at det holder sig oppe hele vinteren. Værst er, det imidlertid i indløpet til Lowe Sund (Van Mijen Bay) i Bellsund, som er næsten stængt av Axeløya. Strømmen gaar her som en elv, saa det er umulig at ro mot den, og ilde nok med. Er det tillike dravis, saa er det rent galt.

Disse sterke kyststrømmer virker kraftig til at utforme kysten i detaljer. Materiale transporteres bort fra et sted, og legges op andre steder, hvor der er bakevjer med stille vand. Der bygges da op smale odder, tanger og lagunevolder; disse skal senere bli omtalt.

Drivved. Strømmen fører med sig meget ved, baade svære tommertrær og mindre fliser. Der er trær som har vokset ved de nordrussiske elver Petsjora, Mesen og Dvina, og som er gaat ut med isgangen. Undertiden findes store firkanthugne bjelker, de kommer vel fra Arkangel. Høststormene slænger stokkene op paa land, og der ligger de og tørker. Vældige masser av drivved findes i Wood Bay, i Wijde Bay og i Lomme Bay. Men der pleier altid at være ved nok allesteder ved den ytre kyst. Inde i fjordene, især paa nordsiden av dem, er det meget mindre. Smeltevandet fra bræene holder sig paa nordsiden av fjordene, paa grund av jordrotationen; dette kan man se ved at undersøke vandets klarhet. Strømmen med rækveden kommer da ikke ind til land paa denne side. Paa sydsiden av fjordene er der mere, men her er den for størstedelen brændt op i løpet av de 300 aar folk har færdedes der.

Paa sine steder er fjæren opfyldt av hyalknoker, uhyre ribben og underkjæver. Paa sydsiden av Sydkapøya er der store mængder, og de ligger langt indover land. Norden-



s k i ö l d ansaa det bevist at landet maatte ha steget siden hvalfangertiden, ca. 1650. De svære hvaler blev aldrig halt op paa land, men flenset i fjæren. Men det kan nok hænde at stormen kan ha slængt knokene indover land ogsaa.

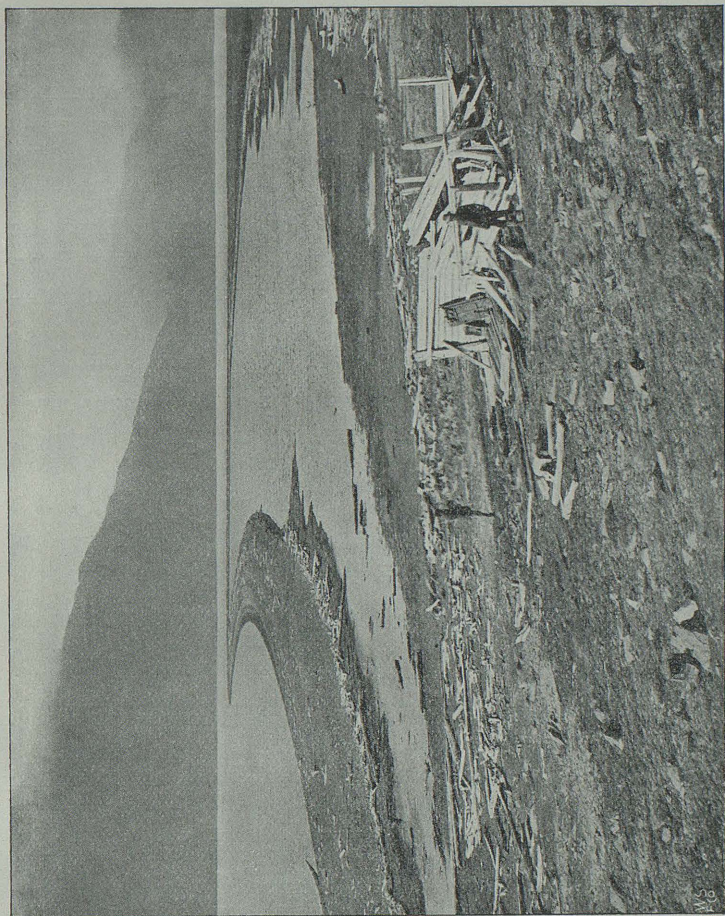


Fig. 3. Lagune med rækved. Pt. Wigdehl, Wood Bay. (Isachsen).

Landets bygning og form. Ser man paa et kart over Spitsbergen, er det paafaldende hvor landets vest- og nordkyst er oprevet og fillet i forhold til østkysten. Der gaar svære grenede fjorder ind, som næsten deler landet tvers av. Men den ytre vestkyst gaar allikevel nogenlunde jævnt i retning NNW—SSE; dette stemmer omtrent med strøket i de lag-



delte bergarter som bygger op kystlandet. Havbunden synes at være sunket ind parallelt med den gamle fjeldkjede som danner en slags fortsættelse av den norske.

Langs vestkysten, fra nord til syd, findes Hecla-Hoek-formationen; det er tildels løse sorte skifre, som danner lave slakke fjeld, men for største delen er det massive kalkstener og dolomiter, som staar op i bratte nakne berg, med fantastisk vilde former. Den høieste og bratteste av dem alle, Hornsundtinden, er et slikt kalkfjeld. Ved Dunder Bay er der endel forrevne fjeld paa østsiden, det er en lang mur av fjeld av kalk-konglomerat som gaar over fra Hornsund og som fylder op hele halvøen mellem Dunder Bay og Recherche Bay. De er fæle og bratte og ganske gule. Fjeldene paa Prince Charles' Foreland bestaar av Hecla-Hoekens kalksten og kvartsit — det er en storartet række av elegante tinder.

I Hecla-Hoeken er der trængt ind eruptiver i nordvest og nordost, væsentlig granit. De massive bergarter danner mere regulære tinder, de ligner mere paa tinderne i Jotunheimen, saater som er uthulet av botner paa siderne.

Hecla-Hoek-formationen er av silurisk alder.

Indenfor kystfjeldene kommer en mægtig række av forskjellige lagdelte bergarter, som tilhører en hel serie av formationer, fra devon og til tertiær. Lagene hælder sterkt mot øst til at begynde med, men længere ind i landet lægger de sig flatt; saa hæver de sig igjen længer mot øst, og det saakaldte »grundfjeld« kommer op igjen inde i bunden av Isfjorden.

De lagdelte bergarter veksler meget i fysisk beskaffenhet — nogen er løse lerskifre, men saa er der ogsaa bænker av sandsten og kalksten. Disse fastere lag danner bratte avsætter i fjeldsiderne. En lignende rolle, bare endnu mere utpræget, spiller de horisontale bænker av diabas, som er trængt ind mellem lagene, f. eks. ved Kap Thorsden. Paa grund av denne veksel av løse og haarde bergarter faar fjeldene et trappetrinformat profil — de løse skifre er dækket av skraa urer, de haarde lag danner enten kontinuerlige murer rundt fjeldet, eller ialfald en række bastioner i samme høide bortover, som man kan se paa billedene fra Store Norske's gruber i Advent Bay.





Fig. 4. Utsigt over granitfjeldene i vest for Ben Nevis, Red Bay, med skarpe nunatakker.





Fig. 5. Fra Cairn Bruce, Red Bay.





Fig. 6. Utsigt over Red Bay fra Ben Nevis. Fjeld med jevn overflate.



I vest skraaner hele stasen østover, og fjeldene blir lange kammer i retning N—S, stupbratte mot vest, slakere mot øst. Samme form har ogsaa Keilhaus Fjeld paa Sydkaplandet. Inde i landet er fjeldene plataaformede. Den geologiske bygning og nedisingens karakter betinger façonen.

Spør av ældre landoverflate. I de nordligste strøk er fjeldene jevne ovenpaa, og landet ligner litt paa Statlandet eller endog Nordkap, som f. eks. pynten Hakluyts Headland. Det er rester av en gammel jevnere overflate, et slags »penepain«, som amerikanerne siger. Bergarten i disse fjeld er gamle graniter.

Mest utpræget er plataaet mellem Wood Bay og Wijde Bay, hvor der er en høislette omtrent 1000 meter over havet. Bergarten er devonisk sandsten i skraatstiliede lag.

Længst mot syd træffer vi rester av en lignende overflate paa Hecla-Hoek-kalken; her synes den at danne basis for trias-formationen. Nogen steder ligger triasen som en hat paa toppen av fjeldene, andre steder er der bare igjen en liten rest, og paa fjeldet Tchebycheff er den helt borte, men der er et jevnt plataa paa toppen, 900 meter høit. Muligens er plataaene paa nordkysten av samme alder, men de kan godt være meget yngre ogsaa. Vestkystens fjeld mellem Torells Bræ og Dunder Bay viser ogsaa rester efter jevnere overflate, hvor denne ikke er ødelagt ved botndannelser eller strandsletteutskjæring. Man kan sikkert gaa ut fra at fjeldene idethele hadde roligere former før frost og is fik skaaret dem slik isund.

Frostsprængning. Hvilke kræfter er det som især virker til at utforme jordoverflaten? Erosion ved rindende vand spiller en meget liten rolle nu for tiden; men det er høist sandsynlig, at de uhyre, forgrenede fjorder paa vest- og nordkysten engang — i en mildere periode — er anlagt som almindelige elvedaler. Men det er frost og is som har skapt den overflate vi ser nu. Frosten sprænger berget istykker og danner urer og røiser, som begraver alt hvor det ikke er for brat, eller hvor ikke materialet blir ført bort av bræer eller brændingen. Ofte ligger urene helt til tops opover fjeldene. Skiferurene er gjerne smaastenede som singel — man kommer da fort nedover dem men kun smaat opover. Fæle



urer danner kalkkonglomeratene i Hecla-Hoeken, og nogen grove sandstener i underkarbon og neocom. Blokkene kan være store som hus.

Fuglene har ogsaa geologiske erfaringer; de bygger sine reder paa hylder, som ikke er utsat for stensprang, eller i røiser som ligger stille. Fuglebergene er derfor anlagt paa de fastere bergarter, kvartsit, sandsten, granit og gabbro. Kalksten sprænges let av frosten og raser ofte ned, saa hverken dyr eller planter kan fæste bo paa den. Kalkbergene er ofte fuldstændig nakne fra fot til top, mens andre fjeld, hvor fuglene kan sitte trygt, er grønne flere hundrede meter opover. Vestkystens fjeld er idethele tat bare grønne under fuglebergene; det er mest mose, men ogsaa en hel del blomster, tildels meget pene. Hvis ikke fuglene sørget for gjødning, vilde nok vegetationen være fattigere.

Urene kan teoretisk ikke staa i brattere vinkel end  $45^{\circ}$ . Men allerede ved  $35^{\circ}$  blir de leie, og over  $40$  graders skraainger er farlige at passere. Oventil ender de gjerne i en slags strupe, hvor der stadig gaar stensprang. Hvor en fastere bänk danner en avsats bortover i samme høide, er der som oftest en række slike ur-struper mellem fremspringende bastionlignende hammere, og vil man op, saa maa man følge disse uhyggelige og utrygge render.

Bræene. Urer og røiser virker beskyttende paa underlaget, saa frostsprængningen forsinkes eller stopper op. Føres imidlertid materialet bort, saa blotlægges stadig berget paany, og frosten kan virke hele tiden paa friske bergflater. Paa denne maate virker bræene; de fragter med sig materialet eftersom det ramler ned, og forhindrer urdannelse. Frosten virker mest nede ved brækanten og undergraver berget som blir frygtelig brat. Etersom denne proces virker, saa viker fjeldsiderne tilbake, og brødalen blir bredere og bredere. De store fjorder med sine bratte sider er aabenbart for en stor del utformet paa denne maate — likesom fjordene i Finmarken.

Landet er nok »druknet« ned endel, men sjøen gaar ind i gamle brædaler. Isfjorden f. eks. er ogsaa dypest indenfor munningen et stykke, som en fjord rettelig skal være.

Bræene flyter over skar og isolerer enkelte fjeldpartier. Disse nunatakker som de kaldes med et eskimoisk ord, er bratte og nakne og vanskelige at bestige.



En enkelt fonn i en grop i fjeldsiden kan ogsaa hjælpe til at transportere væk nedraste sten og forhindrer saaledes urdannelse. Frostens sprænger isund berget, materialet føres nedover den lille bræ, og saaledes ætes der ut en grop med bratte vægger i fjeldsiden, en botn. Vestkystens fjeld er fulde av botner, længer inde i landet er de ikke fremtrædende, der har de store bræer spillet hovedrollen.

I det indre land rækker snefonnene opover bergsiderne, snemarkene dækker tilslut alt med et bølgeformet teppe, hvor bare enkelte stupbratte berg er snefri. Dette slags bræ-dække har været opført som en egen Spitsbergentype (Otto Nordenskjöld).

Virkelige indlandsiser av type som Grønland findes paa Nordostlandet; med undtagelse av kystlandet i nord og vest er hele denne ø dækket av en konveks snemark. Den nordøstligste del av Vestspitsbergen, Ny Friesland, ser omtrent likedan ut. Men ellers eksisterer ikke den sammenhengende indlandsis, som man før trodde var utbredt over hele Spitsbergen, naar man bare kom bak kystfjeldene.

I vest hvor lagene staar brat og stryker NNW—SSE, er snemarkene avdelt i lange striper adskilt av nunatakjeder. Man kan passere paa sammenhengende bræ fra Kings Bay over til Isfjorden, paa den saakaldte Kings Highway (med Sefstrøms bræ), 60 km. lang og omkring 5 km. bred, med en række av fjeld paa over tusen meters høide paa hver side — unegtelig en fin gate.

**S n e g r æ n s e n.** At bestemme nogen snegrænse er ikke saa let; den kan sættes til 2 a 300 meter paa bræene — paa fjeldene er det ikke mulig at angi den. Paa flate plataafjeld ligger der sneskavler langs kantene paa luv side, ellers er de blaast bare. I groper og daler ligger sneen helt ned i fjæren; under strandbrinken fyker sneen sammen i fonner som undertiden blir liggende hele sommeren. Mellem Wood Bay og Wijde Bay er der høitliggende plataaer paa ca. 1000 meter, som er snebare; skiferfjeldene rundt Isfjorden er ogsaa relativt snefri. Man har spekulert paa om dette forhold skulde skyldes egenskaper ved selve bergarten, større absorptions-evne eller lignende. Noget har det utvilsomt at si, at disse bergarter danner smaastenede røiser, hvor sneen ikke faar



fæste. Men hovedsaken er at vinden feier plataaene rene, undtagen like langs kammen paa luv side, hvor der danner sig en hvirvel og en smal brem med stille luft, netop langs stupet. Er plataaet skraat, saa ligger fonnen oppe paa høieste kant — et ubehagelig faktum for topografene, som helst vil bygge varder paa de høieste punkter.

I s a c h s e n har lavet et kart over de snedækte og frie partier i landet mellem Cross Bay og Danskøen; det snefri land er bare  $\frac{1}{3}$  av det hele. Dette forhold gjælder kanske nogenlunde for hele Vestspitsbergen. Der er mindre sne og bræer rundt Isfjorden f. eks., men saa er der saa meget mere mot øst og syd. Idethele ser det ut til at sneyngden kommer med østlig vind. I nordøst har vi Nordostlandet, hvor der gaar bræer ut i havet langs hele øst- og sydkysten. I nord og vest er der nakne forland. Paa Edges Ø er der uhyre bræer mot sydøst, med snefri plataaer paa vestsiden. Paa Vestspitsbergen er der sammenhengende bræedække over den nordøstre halvø, og nord for Storfjorden. Likesaa er der svære bræer mot syd langs vestsiden av Storfjorden; her gaar bræene ut i havet paa lange strækninger.

Paa ytterkysten av Vestspitsbergen gaar der bræer ut i havet endel steder; mellem Sydkap og Hornsund er der en stor navnløs bræ, som gaar i en fremspringende bue med lodret front ut i sjøen. Nord for Hornsund gaar Torells Bræ ut i havet paa en strækning av vel en norsk mil. Saa er der ikke bræer med front i havet før oppe i Forlandssundet, hvor der er en flat rar bræ paa vestsiden, og et par paa østsiden. Mellom Cross Bay og Magdalena Bay ligger der en række bræer, De sju Isfjell, som alle gaar ut i havet, undtagen nr. 3 fra syd. Den er skilt fra havet ved en lagune og en sandør.

Inde i fjordene gaar der bræer ned i mængdevis; naar undtages nogen armer av Isfjorden, saa ender hver fjord mot en bræfront inde i bunden. Disse fronter er 20—40 meter høie og stupbratte; der raser stadig ned isklumper, med bulder og brak. Værst er det ved faldende vand. Den fjord som leverer mest kalvis er vel Hornsund; der gaar ut 7 bræer i sjøen, og nogen av disse har svære tilløp inde fra land. En anden svær bræ er Lilliehöökbræen i Cross Bay; den er blit undersøkt av Hoel.



Bræfronten er 3 km. lang, og op til 47 meter høi; inde ved bræen er fjorden ca. 200 meter dyp. Hastigheden er størst midt ute paa bræen, omkring 300 meter aarlig. Bræene i Alperne gaar ikke paa langt nær saa fort, men paa Grønland gaar de op til 10 km. om aaret.

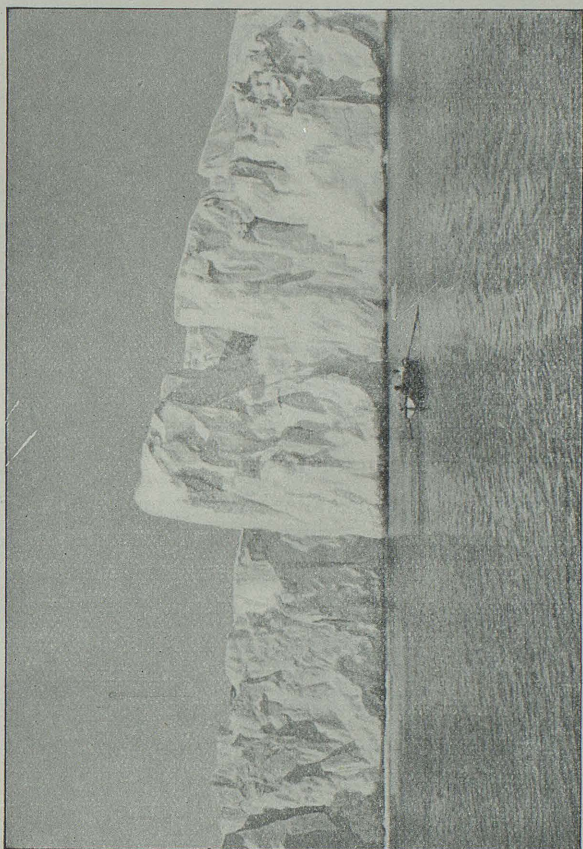


Fig. 7. Lilliehöök-Bræens front. (M. Bouré, fot.).

De store flate bræer som spreder sig ut over kystsletterne, som Torells Bræ, bevæger sig meget lite. De hører til den saakaldte Malaspinatype, en hel del mindre tilløp forener sig til en stor kake. Den sydligste del av Torells Bræ gaar raskere, fordi den har tilløp langt indenfra land, og følgelig mere is at transportere.

Bræenes overflate. Bræene er igrunden lette at passere. Det var meget besværligere at kartlægge den



temmelig bræfrie halvø mellem Isfjorden og Bellsund, end de snedækte strøk nordenfor og søndenfor; proviant og utrustning maatte bæres paa ryggen, mens man jo kan dra sakerne paa kjælker paa bræene. Oppe i snemarkene er føret bedst, og terrænet jevnest. Der kan nok være endel sprækker, som er saa meget farligere, naar de er overføket av sne; enkelte er saa brede at store hus kunde kastes ned i dem. Undertiden er der langagtige groper i sneen over sprækkene, saa man kan ane hvor de gaar. De dannes helst hvor to grener av en bræ divergerer fra samme snemark. Der blir da strækspændinger som isen ikke taaler. Nogen steder passerer bræene over trin, der blir da isfald og kaos av sprækker. Des fortere isen gaar, des værre er det med sprækker. Bræen øst for Hornsundtinden viste sig f. eks. praktisk talt impassabel i 1919. Nede paa isbræene kan man jo se sprækkene og ta sig ivare for dem. Men smeltevandet kan ofte være generende. Ved den temporære snegrænse kan man vasse kilometervis i snesorpe, slite og hale paa kjælkerne som gaar igjennem. Nedenfor snegrænsen plages man av andre ting: bækker og elver som har skaaret sig meterdype kanaler i isen, med glatte og krumme vægger. De ender helst i en spræk eller avgrund; falder man nedi en slik iselv saa kan man si »farvel verden«. Langs siderne av bræene træffer man ofte paa bræsjøer; undertiden er hele daler dæmmed op av isbræer, og der dannes da store sjøer; en slik findes syd for den inderste gren av Wijde Bay. Syd for Hornsund er der flere slike bræsjøer. De tømmer undertiden ut under bræen, og en slik tom sjø ser høist eiendommelig ut, med strandede isfjeld høit paa land.

**I s k a k e r.** Selv midt paa vinteren kommer der frem vand under bræene. Hvis bræen ender i en bred flat dal, saa rinder vandet et kort stykke utover sletten, og fryser saa til is, som legger sig som en bred kake foran bræfronten. Slike iskaker blir ofte saa svære, at de ligger hele sommeren over, f. eks. i dalen indenfor Goes Havn i Hornsund. Det kan let hände at en flat iskake blir begravet av grus og jord fra bræelven, og der blir da liggende lag av ren is i jorden.

**Jordbunds is.** Flere steder paa Spitsbergen er der fundet lag av is nede i jorden. I Coles Bay dalen fandt dr. Gunnar Holmsen flere steder is i en dybde av ca.  $\frac{1}{2}$



meter; isen var nogen steder mindst 15 meter tyk. Jordbundsisen synes helst i bækkeskjæringer; undertiden er den ren, men ofte er den lagdelt, med striper av ler og jord.

Jordbundsisen forekommer væsentlig i de store aapne flate daler inde i fjordene, saasom paa halvøen mellem Isfjorden og Bellsund. Holmsen mener at denne is er nydannet paa stedet, nede i terrasserne; men ialfald nogen steder kan det vistnok være slike iskaker, som ovenfor er nævnt, som er blit begravet av grus og sand. Denne forklaring har Hoel fremsat.

Moræner. Den nedramlede sten som bræene tar med sig blir liggende som moræner. Morænerne hæver sig ofte temmelig høit over isens overflate, som hauger eller lange rygger; men undersøker man dem nærmere, saa viser det sig at haugene bestaar av is, med et tyndt lag av sten og grus og jord utenpaa. Dette lag beskytter isen saa den ikke tiner saa fort. En enkelt liten sten kan forresten smelte sig ned, saa den blir liggende i et hul i isen, men større stener beskytter underlaget. Det kommer an paa tykkelsen om en sten rækker at bli gjennomvarmet.

Har bræen flere tilløp, blir der midtmoræner, som svinger sig i lange fine kurver, kilometervis opover tungerne. Stenen blir avlastet i underenden av bræene, som ofte er ganske begravet av materiale. Inde i Hornsund er der en liten bræ under fjeldet Tschebycheff, som er i den grad begravet av sten, at den mere ligner en ur end en bræ. De bræer som ender i sjøen har jo ikke synlige endemoræner, men ellers pleier de at være fremtrædende nok. En stor moræne er noget av det hæsligste og mindst fremkommelige ulænde man kan tænke sig — smaa bratte hauger og trange daler, kantede blokker og hele roiser i labil likevegt, og rivende elver, som snart gaar oppaa isen, snart under den. Ret som det er træffer man paa et svart dypt hul, og nede i det ukjendte mørke hører en bulder og brus.

Morænerne viser at nogen av bræene i ganske sen tid har været adskillig større end nu — dette sees pent i Recherche Bay, hvor der er svære sidemoræner som er meget høiere end bræens overflate indenfor, kanske 50 meter. Langs den østre



bræ her er der en bred lys stripe i berget — lav og mose har ikke faat tid til at dække grunden med sin mørkere tone, siden isen var saameget tykkere.

Man har underretninger om store fremstøt av bræene; efter Nordenskiöld gjorde Frithjofs Bræ et vældig fremstøt vinteren 1860—61, og fyldte ut en bugt hvor der før var havn. Lignende beretninger har jeg hørt om den nordøstligste bugt i Hornsund, men her er det mere tvilsomt.

I morænerne foran bræene findes ofte skjæl: isen har gaat ut over marine terrasser og rotet og pløiet dem op.

Ute ved kysten, under bratte berg, er der moræneliggende dannelser. Bratte røiser av store blokker springer halvmaaneformet frem paa kystsletten, og er flate oppaa eller lavere i midten. Her har engang ligget snefonner under bergvæggen, og løssprængte stenblokker har akt nedover paa sneen og er havnet nederst. Slikt kan man fremdeles se ved bratte fonner. Naar saa sneen tiner bort, blir stenene liggende igjen som en slags fonn-moræne.

Skuringsstriper er sjeldne i dette land, hvor frostsprængningen virker saa kraftig, men man kan nok finde dem i nærheten av bræer som nylig har rykket tilbake. Flytblokker findes her og der, og de viser at praktisk talt hele landet har været brædækket.

Elve-erosion. Der findes daler som er gravet ut bare av rindende vand, i løse bergarter, lerskifre etc. De er bratte og trange, ganske »ferske«. Elvene fører rikelig med sand, og kan slipe sterkt nok, naar bare faldet er tilstrækkelig; men som oftest ser vi bare begynnelsen til daldannelse ved rindende vand, trange gjel eller cañons, som er skaaret ned i trin og avsatser i den brede dalbund, som bræene har utformet.

I landet mellem Torells Bræ og Dunder Bay er der en række daler med bræer i fonden. I nogen av dalene er der tjern, men i andre av dem er tjernene tappet ut nedenfra, idet elven har saget sig ned i en trang kløft i kalkberget. Samtidig er tjernene fylt ut ovenfra av bræ-elvene. Bunden blir en plan slette av grus og leir, men de gamle strandkanter omkring er tydelig nok. Dette er en særdeles klar illustration av alle indsjøers endelige skjæbne.



Elvene paa Spitsbergen kommer fra bræer allesammen, og fører en masse materiale, som de tildels ikke klarer at slæpe med sig tilhavs. Dalene er jo gjennemgaaende blit for-dypet av bræer, og faldet er ikke stort nok til at elvene kan føre med sig alt stof; derfor fyldes de flatere dalbunder op, og sidebækkene lægger op svære koniske vifter av sten og grus. Nede i den flate dalbund gaar da elvene i en masse grunde grener, og de ender i svære deltaer. Paa kystsletterne er ikke elveløpene videre bestemte i det hele — de flyter i alskens kroker bortover flatlandet, ganske uregelmæssig. Slike vass-lænder er ikke saa slemme at passere som man skulde tro: bunden er ofte temmelig fast, selv om det ser aldrig saa bløtt ut.

Endel elver gaar gjennom innsjøer, og de blir da kvit sin byrde av grus og sand. I det klarere vand kan der da gaa op »laks« (røir) som fanges i garn i elven i Russekjeilla f. eks., ute i Isfjorden, og her og der ellers ogsaa. I det fæle gjørmete vand i bræelvene kan ingen fisk leve.

Vulkaner og varme kilder. Ut paa høsten blir det vanskelig at finde vand paa Spitsbergen; bækker og elver bundfryser, og almindelige opkommer findes ikke. Ved grubebyene sørger de for at faa fat i en drivis — helst et stykke kalvis — som de fortøier i fjæren; saa maa de gaa og hugge isbeter og smelte hele vinteren. Mange bræelver gaar forresten hele vinteren, de fryser ikke.

Nogen steder er der ogsaa frostfri opkommer. Langt i nord, i Bock Bay, opdaget Hoel i 1910 endel varme kilder ganske nær stranden. Vandet har en temperatur av 28°. Undergrunden bestaar av kalk, og det varme vand har opløst endel kalksten som har avsat sig rundt kilderne som rare bassiner, kopper og kar; visse alger bidrar til at bygge op disse kunstfærdige bassiner. I det lunkne vand findes endel alger som ellers ikke kan eksistere paa Spitsbergen.

I nærheten ligger endel vulkaner fra recent tid; enkelte lavastrømmer har rendt utover marine terrasser.

Disse opdagelser var ganske uventede.

Baade vulkanene og de varme kilder synes at staa i en eller anden forbindelse med en forkastningslinje som strækker sig fra NNW—SSE over Bock Bay.



I mars 1901 fandt Nisja en dam med aapent vand inde i Tempel Bay, med en temperatur av  $+ 1^{\circ}$  midt paa vinteren. Av og til boblet vandet sterkt op likesom i en gryte. Det later til at være en varm kilde dette ogsaa. Den ligger ved samme forkastningslinje som de andre. Men der findes varme kilder ogsaa andetsteds. Dr. Wegener som forsøkte at undersøtte den ulykkelige Schröder-Stranz-ekspedition, fandt en varm kilde med en svær dampsoile langt ute paa vestsiden av Wijde Bay, i mars 1913. Der skal likeledes findes en varm kilde i Hornsund, men de nærmere forhold er ikke undersøkt.

Længer syd paa vestkysten fandt jeg en lunken svovlkilde sommeren 1919. Vandet boblet som selters, men gasen var svovlvandstof, som utbredte en avskyelig lugt. Teltene laa 700 meter unda, men allikevel var det vanskelig at sove om natten for stanken. Bergarten er kalksten men nogen sinterdannelse var der ikke. Kanske ikke kalkalgerne kan trives i vandet, som er mættet med svovlvandstof. Forresten er vandet temmelig salt, likesom i kilderne i Bock Bay. Vandføringen i disse er temmelig liten, Hoel anslaar den til ca. 100 liter pr. minut, mens den kilde som vi fandt i 1919 fører ca. 9000 liter pr. minut.

Temperaturen i den store kilde var  $10^{\circ}$ , men i nogen mindre kilder et par km. længer mot NW var vandet  $15^{\circ}$  varmt. Aarstemperaturen paa stedet er vel omtrent som i Green Harbour, saa differensen blir over  $20^{\circ}$ .

I enkelte brede isfrie daler er der kilder midt ute paa sletten. Vandet kommer ut oppe paa toppen av hauger av is og søle. Det er ikke saa rart at vandet fryser naar det kommer op i dagen om vintren, men det rare er at det ikke fryser nede i jorden, som jo er frossen i stort dyp. Det maa ha passert saa langt nede i jorden, at det er blit tilstrækkelig opvarmet av jordvarmen. Desuten er vandet litt salt.

Men vanskeligere er det at forstaa hvor vandet kommer fra. Tælen virker jo som et tæt tak, som ingen fugtighet kan trængē igjennem. Man maa imidlertid huske paa at der ikke kan være tæle under de store isbræer, og at vand derfra kan sige ned i jorden. Like i nærheten av de nævnte svovlkilder kom der frem en svær elv, med en vandføring av 10 kub.m. pr. sek., ret ut av en hule i kalkberget; den gik en



halvhundrede meter gjennom en trang kløft og mundet ut i sjøen. Vandet var graablakt og maa komme fra en bræ. Temperaturen var 4°, saa det blir lunket endel underveis. Den nærmeste bræ var imidlertid flere kilometer borte.

**K y s t e n.** Spitsbergens kyster er gjennemgaaende yderlig urene og litet tilgjængelige langs yttersiden, men inde i fjordene er der ofte dypt vand kloss ind til bergvæggen. Langs vestkysten fra Sydkap og nordover er der en masse baaer, rev og skjær, men faa større øer. De største er Sydkapøya, Dunøyene og Isøyene, ellers er det bare holmer. Kvarsitribber i skifren gaar paa skraa mot NW ut mot kysten, danner lange smale rygger paa land, og fæle rev utover i sjøen. Værst er kanskje farvandet ved Sydkap og i Dunder Bay. Inde i fjordene er der mange bra havner, i mindre side-bugter. Almindelige tilflugtssteder i storm er Recherche Bay i Bellsund, Green Harbour og »Sauhavna« (Safe Haven) i Isfjorden. Den eneste gode havn paa den sydlige del av den ytre vestkyst er inde mellem Dunøyene. Paa den nordlige del av vestkysten er Hamburger Bay en udmerket havn.

Den nordre gren av Bellsund, Van Mijen Bay eller Lowe Sound, er næsten stængt av en lang lav ø, Axeløya. Det er nogen særlig haarde lag i overkarbon, som staar op i høie fjeldkammer i landet nordenfor Bellsund, sætter over fjorden som en barriereø, bygger op bratte høie fjeld i Mitterhuken og fortsætter som en ø (Eders Øy) over munningen av den sydlige fjord, Van Keulen Bay.

**S t r a n d s l e t t e n.** En strandslette gaar langs hele Spitsbergens kyst, hvor ikke bræene gaar ut i havet. Sletten er bredest hvor der er løse bergarter, smalest hvor der er granit eller gabbro. Den gaar ind i fjordene, men er der oftere avbrutt av flaag. Høiden er ca. 20 meter i inderkant. Der er flere steder utviklet en smalere bænk i ca. 70 meters høide, og denne falder brat av mot den lavere. Særlig tydelig er 70 meters terrassen paa Sydkaplandet. De to terrasser er skaaret ut i fast fjeld, det ser man ikke bare i de bratte kanter, men hist og her indover flaten. Mot sjøen ender den lave terrasse som oftest med en brat kant paa ca. 10 meters høide. Her kan man se hvorledes slike brinker og plattformer dannes nu for tiden: frosten sprænger isund berget, der gaar



smaa ras naar bakken tiner op om forsommeren, og brændingen tar ut det nedraste, som saa tidevandsstrømmene kjører videre med. Den berømte »isfot« som paakaldes for at forklare dannelsen av strandlinjer i fast berg, virker mere til beskyttelse end til erosion. Det er en strimmel av havis som ligger paa grund langs stranden, i nivaa med springflo. Oppaa den ligger ofte store snefonner, under brinken. Ved lavvande kan man se indunder isfoten, der er da aldrig spor til indefrosne sten, som har været saa meget omtalt. Det materiale en isfot kan drage med sig, om den skulde kunne ræke ut, er i tilfælde kommet ovenfra, fra brinken. En anden sak er det at frosten kanskje vil virke sterkere inde ved kanten av fonnen, som ligger under brinken.

Skuring av drivende isflak har ogsaa været nævnt som noget, der kunde slipe ut strandlinjer i fast berg. Det er ganske udelukket. Vi kan gaa ut fra at strandbrinken paa Spitsbergen (og de norske strandlinjer i fast berg) er dannet av frost og brænding i forening.

At kystsletten er dannet paa samme vis er ganske klart. Den gaar i omtrent samme nivaa langs kysten, ind og ut bugter og fjorder, bredere og smalere efter bergartenes beskaffenhet. Der findes ikke spor av moræner eller skuringsmerker ute paa dem.

I landet mellem Torells Bræ og Dunder Bay er der som netop nævnt en række fjeld med daler imellem; fjeldene viser tildels rester av ældre jevnere overflate, men er stupbratte mot dalene og især mot vest, hvor de staar som en mur op fra sletten. Dalene har faat sin endelige utformning ved bræ-erosion; inde i enden av hver dal ligger endnu smaa-bræer. Dalenes bund ligger ca. 20 meter over inderkant av sletten, og man maa op et trin i flugt med fjeldfronten for at komme op i dalmunden. I dette trin har elvene gravet sig gjel.

Det er klart at kystsletten er dannet senere end dalene. Man kunde tænke sig at der gik forkastninger langs fjeldfronten eller nogensteds i nærheten — de er lette at gripe til, især naar det ikke ansees nødvendig at paavise dem geologisk. Men der findes ikke spor til dem paa denne strækning; tvertimot kan man se samme lag fortsætte fra fjeldene og utover



kystsletten. Mulig forekommende forkastninger som skulde begrense kystsletten, vilde ogsaa faa et høist besynderlig forløp — langsefter alle fjorder. Nu trækker De Geer like-saa godt den konsekvens at alle fjorder ogsaa er dannet ved indsynkninger. De beviser han anfører kan vi ikke indlate os paa her, men de har neppe nogen realitet.

Laguner. Ute ved stranden er der enkelte steder store laguner, saaledes i kreppa i Forlandsundet, hvor de er vældig utviklet. Længer syd er der ikke mange i nivaa med havet, men der er nok av ældre laguner, som er hævet ca. 6 meter. Dunøyene bestaar av en række kalkholmer, som er tjoret sammen av lagunevolder og hævet ca. 6 meter; istedenfor laguner er der nu en del smaa tjern, skilte fra sjøen av gamle strandvolder, som ligner chausséer.

Sydkaþøya bestaar for største delen av en hel masse parallele grusrygger med forsænkninger imellem; ryggene er omtrent 10 meter brede og neppe mere end  $\frac{1}{2}$  meter høie, likesom en uendelig masse parallele rygger. Langs vestkysten er der berg, men ellers er hele øen bygget op av rullestensvolder. Indpaa er der en hel del tjern, gamle lagunesjøer. Fra vest gaar der ind en cirkelformet bugt med bratte vægger — den er svarvet ut av tidevandsstrømmene, og er tydelig yngre end de parallele strandvolder.

Paa Sydkaþøya kan man undertiden se et snurrig fænomen, som kan nævnes her: i frisk vind danner der sig en mængde skum paa tjernene, som driver ned i læ, og ligger langs stranden som en hvit vold. Enkelte skumkladder rives løs av vinden og triller bortover bakken, de kan være omtrent knytnævestore. Det ser ut som om hvite stener blev blaast bortover.

Der holder til en del lom i smaavandene; den smører sig med fett likesom andre sjøfugler, og litt av dette kommer i vandet. Desuten er vandet ganske brunt av fugleskitt. Fettet og guanoen tilsammen er da vel aarsak til dannelsen av saape-skummet.

Terrasser. De netop omtalte rullestensvolder er hævet henimot 10 meter over havet, men der findes lignende i meget høiere nivaa. Imidlertid er de ikke altid saa lette at kjende. Rullestenene er for største delen sprængt i filler av frosten,



saa det er blit bare singel av dem. Haarde grove sandstener holder sig bedst. Er bergarten skifrig, kan man se rullesten som er kløvet op i skiver likesom et brød. I munden av Hornsund ligger rullesten til en høide av over 100 meter. Paa sydsiden av fjordmundingen er der svære belter av rullesten, op til 70 m. høide, som den rene ørken. Der er neppe en mosedot at se. Bergarten her er haard sandsten (kulm). Andre steder er der grusterrasser, men de har ogsaa let for at bli ødelagt; de siger ut. I grusterrasserne findes ofte rester av sjødyr som ikke længer kan leve paa Spitsbergens kyster; særlig let kjendelig er blaaskjæl. Der har altsaa været en mildere klimaperiode paa Spitsbergen ogsaa likesom i Norge, efter istiden; eftersom blaaskjællet findes helt ned mot den nuværende strandlinje, saa maa nutiden i virkeligheten være kjøligere end de nærmest forangaaende tidsrum.

Paa Østspitsbergen findes ikke disse sydligere skjæl i terrassegruset, her har forholdene været rent arktiske.

H o e l har maalt høiden paa endel terrasser i nordvest; de forskjellige tal stemmer bra overens, og viser 5 bestemte nivaer: 15, 28, 35, 55, 77 og 105 meter. Den høieste marine grænse anfører han til ca. 130 meter. Noget lignende har jeg fundet i Hornsund.

Paa Sydkaplandet er der flere steder høitliggende terrasser i fast berg. Paa sydvestsiden av fjeldet Hilmar er der fire tydelige platformer, den underste ca. 40 m., saa en stor mellem 80 og 100 m., videre en paa ca. 220 m., og allerhøiest en tydelig strandkant med rullesten, ikke mindre end 340 m. o. h. Denne høitliggende strandlinje fandt H o e l sidste sommer (1920).

Rundt Sydkapfjeldet er terrassen paa 80—100 m. tydelig utpræget og gaar som en brem rundt fjeldfoten. Bergarten er glimmerskifer som staar paa høi kant, og terrassens ytterkant er opløst i et vildt forrevet terræn med bratte rygger, hauger og daler.

Paa fjeldet »Dummer Kerl« NE for Keilhaus fjeld fandt jeg den samme høie strandlinje paa 340 m. med en hel del rullesten.

J o r d s i g. Paa Spitsbergen er jorden som nævnt bestandig frossen, tælen er 300 meter tyk, og bare den øverste meter



eller knapt det, tiner op om sommeren. Jorden er derfor bestandig vastrukken, og har let for at sige ut. I alle skraaninger er jorden paa vandring nedover og ligger i striper, skilt ad ved gjærder av opreist sten — de forskjellige striper har forskjellig fart, og der blir friktion paa grænsen mellem dem. Stenene blir derfor skrudd paa høi kant. Det kommer an paa hvor fort det gaar, om vegetationen greier at holde skridt med jordsiget; undertiden vrænger torven sig op, saa der blir smale striper med vegetation paa valkene og rynkerne foran hver vællingstrøm. Men ofte ligger jorden bar. Opper i jorddækkede skraaninger ligger materialet i lange tunger, tykke nedentil, med en lang hale efter. Skraaningen skal ikke være stor, før flytningen kommer igang.

I høifjeldet i Norge kan man ogsaa se slikt, men paa Spitsbergen er næsten al jord paa vandring, naar den ikke ligger ganske flat.

**Polygoner.** Paa flat mark optrær besynderlige dannelser. Terrænet er avdelt i ruter og facetter, med ler og jord i midten, avdelt med stengjærder. En slags polygoner begynder med fine tørke-sprækker i torven, som smaasten krabber op igjennem, fler og fler, og tilslut danner de smaa volder rundt den flate bund inde i polygonen. Det ser ut som om unger hadde moret sig med at bygge noget rigtig rart; undertiden er de saa regelmæssig at man kunde fristes til at tro at en forrykt anlægsgartner hadde været paa færde. Polygonene er et par meter tvers over, og stengjærderne kan være omtrent 1 decimeter høie. Gjærderne blir større og større og klemmer sammen leren i midten, som ligger som en pute. Det kan se ut som om leren skulde ha krøpet op nedenfra og skjøvet stenene til siden. Men undertiden ligger bare stenblokker ogsaa i polygoner. Dannelsen av disse rare greier er ikke helt klar, men alle er enige om at det skyldes frosten. Vastrukken jord utvider sig med 10 pct. naar den fryser, og der kan da optrær sterke kræfter. Stenene forandrer praktisk talt ikke volum enten det er koldt eller varmt. Det er da indlysende at ler og sten kan bevæges i forhold til hinanden naar det avvekslende tiner og fryser.

Polygonene er et meget karakteristisk træk i landskapets utseende paa Spitsbergen.



Utformningen av overflaten. Frostsprængningen i forbindelse med jordsiget er det som virker nu for tiden til utmodellering av overflaten. Bakken skal ikke skraane meget før den siger ut — ca. 10—15°. Lerskifren leverer ved frostsprængning en sleip leragtig jord, som har let for at sige. Sandstenene danner ikke saa let sigjord, men de sprækker heller op i grove blokker. Er der lerskifer i toppen av et fjeld, saa smuldrer den op og siger utover; dette fortsetter indtil der dannes et plataa-over en eller anden fastere sandstensbænk, som saa blir staaende som en mur under kanten av plataaet. Lerskifren under en slik resistant bænk angripes ogsaa let, og saaledes blir sandstenslaget undergraved; samtidig som det haarde lag blir stupbrat, blir de løse lag nedenfor dækket av grove urer av sandsten, hvis da ikke materialet fjernes av bræer.

Fjeldene paa Sydkaplandet er flate oppaa, og temmelig mørke i farve, men med to lyse baand omkring, et øverst under kanten av plataaet, et andet længer nede i skraaning. Det er to bænker av lys sandsten, som danner hver sin næsten sammenhengende stupbratte avsats rundt alle fjeld. Bare enkelte steder kan man komme op paa plataaene, idet man maa krabbe efter urene. Ovenpaa er der slak skraaning med opbløtt lerholdig singel, som driver og siger i store strømmer.

Denne vastrukne jord kunde ikke bli liggende slik forholdsvis i ro, hvis ikke klimaet var saa tørt. Kom der en periode med rikelig regn paa Spitsbergen, vilde der ske frygtelige omveltninger, fjeldene vilde fri sig for sit dække av jord og grus, som vilde skri og rase ned i dalene. Virkningen vilde bli omtrent den samme som naar et skogklædt fjeldland blir rasert.

Slutning. A. E. Nordenskiöld fremhæver hvor instruktive forholdene er paa Spitsbergen i geologisk henseende. Bergsiderne er nakne, lag og bygning kan sees paa lang avstand, og desuten er omtrent alle formationer repræsenteret, med massevis av fossiler. Derfor er Spitsbergen blitt kaldt »geologenes høiskole«. Men i dette land fremtrær ogsaa en række fysisk-geografiske fænomener med sjelden klarhet — likesom rendyrket i et uhyre laboratorium. Bræer og alt som dertil hører, frostsprængning og sigjord, deltaer, laguner,



strandsletter og »cliffs« — alt dette kan illustreres med typiske eksempler fra Spitsbergen. Det samme gjælder oceanografi og meteorologi, forholdene er ogsaa i den henseende særdeles interessante og instruktive; likesaa kan nordlys og dermed beslegtede fænomener studeres paa Spitsbergen.

Naar Spitsbergen kommer under norsk administration, saa maa man huske paa at den videre videnskabelige utforskning av dette land, som er saa rikt paa interessante opgaver, ikke alene er en — mere eller mindre ubehagelig — pligt, men et arbeide som vil lønne sig bare ved den større indsigt vi vil kunne vinde til at forstå og løse mange av de problemer, som møter os i Norge, men som ikke her fremtrær med slik klarhet.

## Bokanmeldelser.

**Oscar Hagem: Arvelighetsforskning.** En oversigt over nyere resultater. Anden forøkede utgave. 317 + V sider 8vo. Med 64 illustrationer. Kristiania 1919. (H. Aschehoug & Co.).

Den lille bok »Arvelighetsforskning« som prof. Hagem utga i 1912 erobret sig hurtig en sikker position i vor biologiske literatur. Saa fremskutt en plads som arvelighetsproblemerne — især siden gjenopdagelsen av Mendel's lov aar 1900 — har inntatt i den almindelige bevissthet, har der ogsaa hos os været et sterkt behov for en sakkyndig biologisk utredning av videnskapens standpunkt paa dette omraade. Ogsaa i vore nabolande er forøvrig boken blit adskillig benyttet.

Saa intenst som talrike fremrakende specialister rundt omkring i landene i det sidste decennium har arbeidet med arvelighetsspørsmålet — hos planter, dyr og mennesker — ligger det i selve sakens natur at en bok fra 1912 ikke længer kan være paa høide med tiden. Der er derfor al grund til at glæde sig over, at prof. Hagem's bok nu foreligger i en ny, omarbeidet utgave, hvor der er tat hensyn ogsaa til de senere aars forskninger.

At bokens omfang ved denne omarbeidelse er vokset til



adskillig over det dobbelte kan ikke forundre. Selv med en saadan utvidelse av volumet maa det ha været en meget vanskelig opgave at sigte det nye stof og vælge hvad der skulde tas med. Om forfatteren her overalt har truffet det rette, vil der selvfølgelig altid kunne være meningsforskjel. For sin del skulde anmelderen ønsket, at der var blit ofret mere plads til omtalen av de vigtige arvelighetsundersøkelser paa zoologisk materiale, som i de sidste aar er offentliggjort av forskjellige amerikanske forskere. Der er paa dette omraade i den aller sidste tid vundet resultater, som i høi grad fortjener opmerksomhet ved de muligheter de aapner for videre fremskridt, men som hos os endnu er altfor litet kjendt. En artikel om hithørende emner haaber »Naturen« forøvrig snart at kunne bringe fra særlig sakkyndig hold.

Imidlertid bringer prof. Hagem's bok, ogsaa saadan som den foreligger, en mængde værdifuldt nyt stof, som ikke tidligere er gjort tilgjengelig i populær norsk literatur. Fremstillingen er klar og grei, billedstoffet rikt og oplysende. Reproduktionen baade av tekstfigurene og av de farvetrykte plancher fortjener særskilt anerkjendelse. Alt i alt maa man ønske boken den størst mulige utbredelse; den vil utvilsomt, likesom sin forgjænger, kunne gjøre stor nytte ved at sprede kundskap om et av biologiens mest almeninteressante spørsmaal.

I ett punkt kan dog ikke anmelderen la være at ta avstand fra prof. Hagem's bok. Fuldt saa hjælpeløs som forfatteren synes at mene er allikevel ikke den moderne plante-systematik. Den kan nok i mange tilfælder være nødt til at la sig nøie med en morfologisk sammenligning av planter og planteorganer, men det karakteristiske for den er allikevel at den bygger sine slutninger om slegtsskap og avstamning paa hele det iagttagelsesmateriale som kan skaffes tilveie. Hvor det er mulig — og nødvendig — tar den baade anatomi, fysiologi, plantegeografi, palæontologi og arvelighetsforskning i sin tjeneste. Det er sandsynlig at der kan findes plantesystematikere, som vilde la sig fange i de fælder som f. eks. Baur's *Antirrhinum*-bastarder og Heribert-Nilsson's *Salix*-bastarder frembyr. Men derfor er det ikke sikkert at kritiske, for disse opgaver virkelig kvalificerte



systematikere nødvendig skulde behøve at la sig narre saa grundig som forfatteren synes at forutsætte. Enhver erfaren systematiker vil vite, at der i naturen ofte kan optræ former som i flere eller færre karakterer sterkt avviker fra det for vedkommende type normale utseende, og som kan lede tanken hen paa andre arter og slegter. Ikke saa sjelden er dog slike vanskeligheter ved en grundig og alsidig undersøkelse løst, ogsaa uten arvelighetsforskningens hjelp.

Ingen vil negte at den eksperimentelle arvelighetsforskning allerede har ydet og sikkert nok ogsaa i fremtiden vil komme til at yde talrike og viktige bidrag til løsningen av vanskelige avstammingspørsmål. Men det bør dog ikke oversees at ogsaa dens metoder har sin begrænsning. De forskjellige arbeidsretninger bør fuldt ut kunne anerkjende hinanden. Ved samarbeide mellom dem — o: ved at problemene samtidig angripes fra de forskjellige synspunkter og etter de forskjellige metoder — vil der være størst utsigt til at naa frem til riktige resultater. *Jens Holmboe.*

**O. G. Petersen: Forstbotanik.** Paa Grundlag af Forelæsninger ved Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. Anden Udgave. 474 s. 8vo. Med 242 Figurer i Teksten. Kjøbenhavn og Kristiania 1920. (Gyldendalske Boghandel).

Opmerksomheten henledes paa denne nye utgave av prof. O. G. Petersen's høit ansete haandbok. Den er litt større end den foregaaende utgave, og stoffet er helt gjennemarbeidet. Bokens plan er dog saa godt som uforandret. Utvalget av de arter, som er nærmere behandlet i bokens spesielle del, passer rigtignok — som naturlig kan være — ikke saa godt for norske som for danske forhold. Men størsteparten av artene har dog interesse ogsaa for os. Og fremfor alt vil ogsaa norske forstinteresserte ha utbytte av at studere den fortrinlige fremstilling av trærnes bygning og liv, som utgjør emnet for bokens almindelige del.

*J. H.*



## Smaastykker.

Norske fangstmænds og videnskapsmænds indsats i utforskningen av Spitsbergen-øgruppen i nyere tid. I min avhandling i »Naturen«s mars—maihefte 1920, der var sendt redaktionen i januar, staar der at Mercator (1569) har misforstått sine kilder eller at disse er »forvandlet« ved mellem-mænd istedet for »forvansket«.

S. 70, 14de linje f. o. staar »gjenoptages«, skal være gjenopdages«.

Paa samme side nævnes at vi selv, og hanseatene ogsaa, nok kunde ha interesse av at holde vore forfædres geografiske opdagelser hemmelig. Det er jo naturlig nok, at de der er økonomisk interessert i fangsten, taler mindst mulig om fangstfeltene og deres beliggenhet. Flere av vore skrevne, gamle beretninger var dog kjendt i utlandet, saaledes Iver Boty's Grønlandsbeskrivelse, der blev oversat til tysk (high dutch) i 1560 og derpaa av Barents fra tysk til plat-tysk (low dutch). I 1608 blev Barents' oversættelse overført til engelsk, til bruk for Henry Hudson.

Sidst i avhandlingen staar omtalt, hvad Den norske stat har gjort paa Spitsbergen-øgruppen for radio- og veirtjenesten. Dette avsnit skal lyde saaledes:

I 1911 anla Den norske stat radiostationen, postapneri og en meteorologisk station ved Green Harbour. Meteorologiske observationer tages nu ogsaa ved A/S Store Norske Spitsbergen Kulkompagnis anlæg ved Advent bay (Longyear City) og ved A/S Kings Bay Kul Comp.s anlæg ved Kings bay (Ny Aalesund). Nævnte selskaper har ogsaa oprettet radiostation.

I 1918 opprettedes en meteorologisk station paa Bjørnøya, og Bjørnøen radio begyndte sin virksomhet i december 1919.

Sommeren 1920 er der opprettet en geofysisk station ved Quade hoek, Kings bay. Ved denne station utføres ikke alene meteorologiske observationer av enhver art, men ogsaa aerologiske og jordmagnetiske undersøkelser samt fotografering av nordlys. Stationen betjenes av 4 mand og er utstyrt med traadløs telegraf.

Vardeborg i Asker, september 1920.

*G. Isachsen.*



**Fra Norsk Geologisk Forening.** I foreningens møte lørdag 10de mai 1919 der var planlagt som et Spitsbergenmøte holdt docent Adolf Hoel foredrag om: Spitsbergens kul- og malmforekomster, deres økonomiske betydning og fordeling mellem de forskjellige nationer.

Først resumerte docenten det videnskabelige arbeide, som var utrettet av nordmænd. Der var i det hele 64 ekspeditioner med helt eller delvis videnskabelig formaal utrustet fra Norge. For bare at nævne de mest betydningsfulde. Den første var professor Keilhaus i 1827. Senere har der været en hel række geologiske, botaniske, kartografiske, meteorologiske etc.

Dernæst gik foredragsholderen over til at omtale forekomstene av nyttige mineraler. Langs vestkysten finder man flere steder løse stener av jernmalm. Et av de tidligere fund av disse blev gjort av docent Hoel i 1909. Paa Prins Karls Forland var en moræne, hvor paa enkelte steder over halvparten av stenene bestod av malm av magnetjern eller jernglans. Analyser har git:

	Magnetiten	Jernglansen
Fe. . . . .	40.6	47.35
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.75	0.70
P. . . . .	0.53	0.45
S. . . . .	0.41	0.21

Det lykkedes ogsaa Hoel at paavise den bergart, hvori malmen optraadte, og nu er denne kjendt paa flere steder langs en smal stripe, som følger kyststrækningen. Den er bl. a. fundet paa nordsiden av Bellsund og i Martins Range ved Recherche Bay paa sydsiden av sundet. Malmzonen er uten enhver praktisk betydning, da den er for fattig paa de hittil kjendte steder, naar muligens undtages forekomsten paa Prins Karls Forland.

Med en av forekomstene paa denne malmzone er der av et engelsk selskap The Northern Exploration Company drevet en stor reklame i aviser og tidsskrifter. Ogsaa specielle brochurer er utsendt. Bl. a. en med titelen: Spitsbergen's Mineral Wealth, Its vital importance to british trade and industry. Denne forekomst ligger i Martins Range, som ogsaa er utstyret med navnet Iron Mountain. Om denne forekomst har man ogsaa i norske aviser hat anledning til at læse referater efter engelske avisartikler, hvori den blev sammenlignet med de nordsvenske malmberg i Kiruna og Gellivare og angas endog større og rikere (et par pct. mere jern) end disse. »Malmen« skal være fundet av den kjendte norske explorer Birger Jacobsen i 1911 og blev det følgende aar overdraget til det engelske selskap. Forekomsten er først undersøkt av en



norsk bergingenør, som kom til det resultat, at den var betydningsløs. Senere har uavhengig av hverandre to svenske fagmænd hvorav den ene for et kjendt hollænderfirma, foretat meget omfattende undersøkelser paa stedet og kommet til det samme resultat; ikke nogen steder optrær malmleierne med en større mægtighet end ca. et par dm. , men der er ofte flere parallele striper, hvorav dog de fleste kun er litt over eller under centimetertykke. Selv om malmen i disse striper er god, den holder saaledes:

60—66 % Fe,  
0.01—0.02 % P,  
0.04—0.10 % S,

er forekomsten for fattig til at kunne utnyttes, selv om den var beliggende paa et for driften langt gunstigere sted end Spitsbergen.

Til trods for disse fagmænds opfatning av forekomsten som fuldstændig værdiløs har det engelske selskap fortsatt med sin reklame, likesom de har bekostet flere og kostbare ekspeditioner dit.

En lignende utidig oppmerksomhet har det samme selskap søkt at paakalde for sine »marmorbrudd« i Kings Bay, en av de nordligste av fjordene. Her forekommer kalksten av forskjelligartet utseende i rikt utvalg. Overalt lider dog kalkstenen av den slemme feil, at den er fuldstændig søndersprukket, saa at man knapt nok kan finde brukbare emner til haandstykker i en samling. Om denne til ethvert arkitektonisk bruk værdiløse kalksten er der utgit enestaaende vakkert utstyrte og meget kostbare reklameskrifter. De polerte prøver er reproducert i de smukkeste og mest naturtro farvetryk. I underskriften er de karakterisert med de mest tiltalende tekniske benævnelser hvorav en hel række er norske. Det er imidlertid betegnende nok, at tiltrods for 3 aars »forsøksdrift« er ikke en eneste skibsladning blit skibet. Antagelig har selv eierne nu opgitt feltet, ti de kostbare anlæg, hvorav nævnes 10—12 huser, jernbanespor, maskiner for sliping og boring m. m. har fra 1913 været helt forlatt.

Det viser sig altsaa at de engelske interesser, som knytter sig til forekomster av jern, marmor og andre nyttige mineraler, naar undtas kul, nærmest maa sies at være indbildte.

Av andre forekomster av mineraler, der kan bli gjenstand for drift, nævnte foredragsholderen en av ham selv fundet forekomst av z i n k b l e n d e ved Bellsund. Paa det sted, hvor det var anledning til at studere forekomsten saa den meget tiltalende ut; men den lå saadan til, at dens utstrækning dengang ikke lot sig bestemme. Det var en 2—3 m. mægtig gang med zinkblende, kalkspat og flusspat. Den optrær i en graa-blaa kalksten. Analyser viser:



Zn. 65.4 %,  
Pb. 0.82 %,  
Fe. 0.51 %.

En av dr. Gunnar Holmsen fundet forekomst av asbest i Recherche Bay har i 1917—18 været drevet av A/S Kulspids, Kristiania. Dette selskap har tat ut ca. 17 ton som prøver. Forekomsten synes at være rik. Der optrær en hel række aarer der er 1—2 dm. mægtige. Skeidingen volder dog vanskelighet.

Paa Kap-Thorsen-halvøen ved Isfjorden forekommer lag av fosforit. Denne forekomst tilhører Chr. Ankers dødsbo. Den blev undersøkt av en større ekspedition i 1917 eller 1918. Der blev skibet hele 200 ton; men fosforiten var desværre for fattig til, at drift kunde lønne sig. En ca. 40 m. bred zone med talrike lag av udmerket gibs optrær ogsaa ved Kap-Thorsen-halvøen. Dalen Portland-cementfabrik undersøkte forekomsten ifjor ved en ekspedition. Der blev utskibet ca. 160 ton.

Utenfor de allerede nævnte forekomster er der, naar kullfeltene undtas, ikke kjendt en eneste forekomst, som det vil lønne sig at drive. Der har rigtignok fra enkelte hold været fremholdt, at Spitsbergens mineralrigdommer var kolossale, men som man forstaar, maa man heller si, at landet er fattig paa mineralske raastoffer utenom kul.

Derpaa behandlet foredragsholderen kulforekomstene. Kulleierne optrær i de forskjellige geologiske formationer. De ældste er kulmlagene. Disse er litet kjendt og synes ofte saa urene, at de ikke kan brukes. De gir indtil 50 % aske. Man haaper dog at kul fra ialfald nogen av denne formations forekomster vil kunne benyttes direkte uten forkokning til jernmalmsmelting. I kridtformationen optrær to kullag, hvorav det nederste, som er ca. 1 m. mægtig, fører meget middelmaadig kul, med overordentlig liten brændværdi. Det øverste av denne formations kullag bestaar av brunkulagtige kul, med stor gehalt av kvælstof, vand etc. og av liten brændværdi.

Det er kulleierne i tertiærformationen, som er de vigtigste. Det er ogsaa her to lag paa tilsammen gjennemsnittlig 2 m.s mægtighet. Kulfløtsen har en stor utbredelse, da den gaar igjen over hele tertiærfeltet. Lagene yder en fortrinlig vare. Kullenes brændværdi skal være 15 % større end de bedste østengelske kuls. Gjennemgaaende er deres kvalitet og mægtighet konstant gjennom hele tertiæren. Deres relative værdi vil derfor avhænge av deres beliggenhet. De med hensyn til skibningsforhold gunstigst beliggende er allesammen paa norske hænder. Foruten norske findes ogsaa svenske, russiske og engelske kulforetagender paa Spitsbergen.



Karakteristisk for fordelingen av disse forskjellige interesser er dog produktionen. I 1918 utskibedes saaledes fra gruber:

paa norske haender . . . . .	55,000	ton	600	arbeidere
— svenske — . . . . .	4,000	—	—	—
— russiske — . . . . .	2,500	—	—	—
— engelske — . . . . .	0	—	—	—

Av kulforekomstene besidder — som man forstaar — nordmændene de største av dem, der kan bli gjenstand for drift. Disse ligger desuten paa de gunstigste steder, hvad is- og havneforhold angaar. Vistnok omfatter engelskmændenes anneksjoner store omraader, efter deres eget opgivende omkring 2000 kv.miles, men det er bare en liten brøkdell av disse, hvor man kan aapne lønnende drift.

Av de økonomiske interesser, som knytter sig til Spitsbergens forraad av mineralske raastoffer, er saaledes nordmændenes uten sammenligning de største.

Efter en sexa talte docent Werner Werenskiöld om: Landet mellem Hornsund og Bellsund, Spitsbergen. Iagttagelser fra ekspeditionene i 1917 og 1918.

Foredraget knytter sig til det foredrag docenten holdt i foreningen i februar 1918, som ikke blev nærmere omtalt i det referat fra møtet der tidligere (»Naturen« 1918, s. 282) er omtalt her. Av denne grund leveres et mere utførlig referat av begge foredrag her under et.

Hornsund blev opdaget av Jonas Poole i 1610. Der blev snart en stor trafik av hollandske hvalfangere, som imidlertid blev jaget væk av engelskmændene, ca. 1620. Hvalfangsten sluttet imidlertid allerede omkring 1650, fordi der ikke var mere hval igjen. Russere fra Archangelsk og Solowetski slog sig ned paa Spitsbergen fra slutten av det 17de aarhundrede, og der var russere her og der paa Spitsbergen til begyndelsen av det 19de aarhundrede. Hornsund findes stadig omtalt i de engelske og hollandske beretninger, og der er flere spor efter russehytter der. I det sidste aarhundrede færdedes omtrent udelukkende norske fangstfolk paa Spitsbergen, og de har ogsaa bygget et par hytter i eller nær Hornsund. Der er meget hvitræv i dalene.

En hel del videnskabelige ekspeditioner har været i Hornsund. Saaledes Torell og Nordenskiöld i 1858, Nordenskiöld og Dunér i 1864, Wilczek i 1872, Nathorst og de Geer i 1882. Nordenskiöld gjorde en kartskisse over Hornsund og landet nordover til Bellsund, som hittil har været det eneste kart over denne kyststrækning. Han nævner krystallinske skifre og »Hecla-



Hook«. Sterneck gjorde i 1872 en kartskeisse over Hornsund, som ikke er videre god; paa samme ekspedition undersøkte H. Höfer bergartene paa nordsiden av fjorden. Han beskriver skiktet kvartsit med hyperitindleiringer, endvidere glimmerskifer, ofte med granater, og kalk og svart skifer. Faldet er hele veien vestlig.

Isøene, Dunøene og en del av Torells bræ blev besøkt av Nathorst og G. de Geer i 1882. Nathorst fandt nogen utydelige fossiler i kalken. Paa Nathorst's geologiske oversigtskart over Spitsbergen er derfor strøket paa nordsiden av Hornsund avsat som Hecla-Hook, hvilket utvilsomt er korrekt. I 1890 gik G. A. Nordenskiöld med tre ledsagere paa ski fra en liten dal like nord for munningen av Hornsund og til Recherche Bay i Bellsund. Det var saavidt de slap fra det med livet, og de fik ikke gjort nogen iagttagelser av betydning.

I 1899—1900 overvintret den russiske gradmaalingsekspe-dition i Hornsund. Kun en del av materialet er offentliggjort men deriblandt ingen karter, undtagen en foreløbig skisse over Sydkaplandet. De Geer var indom i Hornsund ved samme anledning og tok op et fotogrammetrisk kart over bræen i dalen ved russernes vinterhus i Goës Bay. Denne bugt kaldes i almindelighet »Gaasehamna«, men er i virkeligheten opkaldt efter den svenske zoolog A. T. Goës. De Geer nævner kulmsandsten fra bunden av Hornsund.

Imidlertid har de her nævnte ekspeditioner bare været indom Hornsund som snarest, undtagen russerne. Strøket længer nord var omtrent ukjent, men i Bellsund har der været en mængde ekspeditioner, og fjordene der er bra kartlagt. I pynten like syd for Recherche Bay opdaget Nordenskiöld et tertiærfelt med rike forekomster av plantefossiler; her er ogsaa nogen smale kullag. Det var i 1873.

Den norske Spitsbergenekspedition kom 29de juli til Hornsund og recognoscerte landet omkring fjorden. Den 5te august blev Anders K. Orvin og foredragsholderen sat iland i Isbjørnhamna, like vest for Hans Bræ, paa nordsiden av Hornsund. De rodde saa efterhvert langs landet til Recherche Bay, hvor de blev hentet den 28de august. Paa denne tur undersøktes landet foreløbig og man fik istand en kartskeisse over strøket langs kysten fra Hornsund til Bellsund. Paa enkelte fjeldtopper sattes varder, som kom godt med aaret efter, da landet blev noiagtig kartlagt.

I 1917 hadde ekspeditionen ialt 7 leirpladser paa den nævnte kyststrækning. De var 6 mand med to smaa baater.

I 1918 blev landpartiene utskibet i Isbjørnhamn igjen. De delte sig i to partier, et bræparti og et kystparti. Hoel gik med 6 mand over indlandsisen til Recherche Bay, Sol-



heim og Werenskiold rodde langs kysten; de var ogsaa dette aar ialt 6 mand i to baater. Den 26de juli rodde man ut gjennem Kalvisen i Hornsund og efterhvert frem til Recherche Bay hvor efter avtale skøiten og bræpartiet blev truffet den 15de august.

I 1917 var drivisen langs kysten, men i 1918 var der næsten ikke en isbete at se. Kysten er ubeskyttet og farvandet særdeles urent, saa det kan være slemt nok at komme frem; er der dønning, saa er det undertiden meget vanskelig at lande. Naar der er drivis i sjøen, staar gjerne nogen store flak paa grund paa baaer og rev, saa det blir smult indenfor.

Da der maa være stille veir for at kunne ro forbi de værste strækninger, mistedes en del av den kostbare arbeidstid. Paa vestkysten er der ofte taake og smaaregn, saa man maa passe paa som en smed for at faa utnyttet de faa dager, veiret er brukelig. Bræpartiet fik sit triangelnet ført helt frem til Bellsund, og man fik forbindelse med kjendte punkter paa nordsiden av denne fjord. Kystpartiet rak ikke helt frem med arbeidet; dette skyldes først og fremst at terrænget var mindre oversiktig i det snefrie land end inde paa bræene. Triangelnet langs kysten er flere steder kommet i direkte forbindelse med det indre net. Kartet er under utarbeidelse, og kystlinjen er allerede bestemt fra et punkt søndenfor Hornsund til henimot Dunder Bay, 80 km. i ret linje, men saa er ogsaa hele Hornsundet kartlagt, og det er 20 km. langt. Den samlede længde av kystlinjen er da sikkert 150 km. Indover i landet rækker kartlægningen 20 til 25 km. fra kysten.

Mesteparten av landet, undtagen en stripe langs kysten, er opfyldt av fjeld og bræer.

De første 12 km. nord for munningen av Hornsund langs kysten dannes av en fjeldrække med topper paa over 700 m. med flere smaadaler, botner og lokale bræer. Utenfor er der en smal kystslette. Videre nordover er der svære bræer, som tildels kalver i sjøen, dels gaar de ut paa lerete fjærer.

Inde paa isen staar der op høie og spidse nunatakker paa over 1000 m. men kystfjeldene mangler paa en strækning av 20 km. Den nordligste av disse storbræer kaldes Torells bræ.

Nordenfor Torells bræ er der en noksaa ret fjeldfront hen mot pynten vest for Dunder Bay, ialt ca. 30 km. Fjeldmuren er gjennembrutt av 6 daler. I de tre sydligste kommer der ned grener av Torells bræ, som altsaa gaar fra den store indlandsis og ut gjennem alle skar eller pasdaler. Den tredje dal fra syd, Orvins dal, bøier mot nord og gaar bred og snefri langt nordover indimellem fjeldene. Den fjerde dal — Steindalen — gaar over et skar og ut i den nordlige fortsættelse av Orvins dal. Pashøiden er ca. 200 m. Den 5te dal ender i 3 botner med smaa bræer; den blev kaldt Botnedalen.



En nordlig sidedal gaar over et trangt skar i en hoide av 300 m. ind til et stort aapent dalføre, som gaar mot nord ut til Dunder Bay. Den sjette dal gaar tvers gjennom fjeldrækken, pashoiden er 70 m.

Utenfor fjeldrækken er der en stor kystslette, op til 4 km. bred, oversaadd med grunde vand, men fast berg stikker frem ret som det er. Indenfor Dunder Bay gaar en bred aapen isfri dal langt mot sydost, og avgrænser kystfjeldene fra indlandets fjeldkjeder. Østsiden av dalen dannes av en række forrevne fjeld, som fortsætter ut paa halvøen vest for Recherche Bay.

Fjeldene er ordnet i parallele rækker som gaar i retning NV—SØ; dette staar i forbindelse med den geologiske bygning. Fjeldene bestaar for det meste av haarde bergarter, mens dalene er utgravet langs lerskiferzoner. Lagstillingen er for det meste steil, med vestlig fald.

I de ytre fjeld — paa nordsiden av Hornsund — er der — som allerede Nordenskiöld og Höfer nævner — grundfjeldslignende bergarter, kvartsit, granatglimmerskifer og presset gabbro. Der er ogsaa nogen marmorbænker. Metamorfosen taper sig mot NV og bergartene ligner almindelig Hecla-Hook. Enkelte fjeldtopper bestaar av gabbro.

I Dunøene er der kalksten, tildels kornet og oolitisk. I landet mellem Torells bræ og Dunder Bay er der glimmerskifer og kvartsit i vest langs kysten, og saa mægtige kalklag i svære folder. Østenfor er der igjen lerskifer.

Kalklagene danner en antyklinal, men tektoniken er ikke helt enkel; der er store overfoldninger mot øst. Øst for lerskiferzonen kommer en mægtig zone med kalkkonglomerater; forresten er der konglomerater i den før nævnte kalkserie ogsaa.

En hel del av kalken er dolomitisk. Efter iagttagelserne i landet nord for Torells bræ skulde lagrækken være:

Kalkkonglomerat,  
Kvartskonglomerat,  
Lerskifer, glimmerskifer og kvartsit,  
Kalk, dolomit.

Dette synes ogsaa at stemme med forholdene i Hornsund, efter iagttagelser av Hoel, Orvin og foredragsholderen.

Foruten Hecla-Hook er der ogsaa andre formationer øst og syd for Hornsund. Ifra bunden av fjorden var devon og kulm bekjendt, men Hoel fandt ogsaa trias der.

Det viste sig at kulmsandstenen ogsaa er utbredt over de ytre partier paa sydsiden av fjorden. Fjeldet Hohenlohe bestaar av hvit haard kulmsandsten op til ca. 480 m., saa kommer svart lerskifer med plantefossiler og tynde ubrukelige kullag i en mægtighet av 150 m.; selve toppen bestaar av



sandsten. Lignende forhold fandtes i nogen fjeld længere syd, men her laa tertiær ovenpaa. Baade tertiæren og kulmsandstenen ligger med moderat fald.

I det lille tertiærfelt ved Cap Lyell paa sydsiden av indløpet til Bellsund er der en masse plantefossiler. Svenske geologer har antat at dette felt var begrænset av forkastninger; men hverken Orvin eller Werenskiold kunde se andet end at overleiringen var diskordant. Lagene falder med svakt fald mot NØ, og grænsen mellem tertiæren og Hecla-Hook gaar NV—SØ paa det ilate kystland. Selve grænsen var ogsaa godt blottet. Langs grænsen staar rigtignok en kalkbreccie, men denne »breccie« forsetter i mange kilometers utstrækning sydover i fjeldene: det er et mægtig konglomeratlag i Hecla-Hook-kalken.

Enkelte svenske geologer synes at ha en viss tilbøielighet til at anta forkastninger i noget større antal og utstrækning end man kan paavise med sikkerhet. Saaledes har den hypotese været fremsat, at de flate forland paa Spitsbergen skulde være avgrænset fra fjeldlandet bakenfor ved forkastninger. Noget slikt saa foredragsholderen ikke spor av, tvertimot fulgtes flere steder tydelige lag, f. eks. marmorbænker, over kystsletten og op i berget indenfor.

Kystslettens inderkant er ca. 40 m. o. h. Oftest er selve kroken inderst mot berget dækket av nedrasat ur, eller en slags fonn-moræne. Ute paa sletten er der ret som det er ribber av fast berg, især hvor lerskifren indeholder kvartsitbænker.

Kystsletten er uten tvil dannet i havets nivaa. Den kan følges fra Sydkap, langs vestkysten og østover langs nordkysten og indefter fjordene.

Sletten ender mot sjøen med brat kant, ca. 5—10 m. høi, hvor der er fast berg. Denne brink er dannet ved frostsprængninger idet brændingen fragter bort det nedramlede grus. Isfoten har ingen betydning for transporten; den maa snarere beskytte berget mot brændingen.

Hvor stranden bestaar av løsmateriale, er der ofte laguner; særlig pragtfulde er de i Forlandssundet. De dannes av tidevandsstrømmene. Ved Hornsund og paa Dunøene er der gamle laguner som er hævet ca. 6 m. over nuværende havstand; de er da blit til grunde ferskvandsjøer eller sumper, eller de er ganske tørre. Dunøene har været en række smaa holmer, forbundet med lagunetanger; nu ligger lagunerne ca. 6 m. o. h., men kan let kjendes igjen. Paa denne vis er der blit saa mange smaa sjøer paa Dunøene. Paa Store Dunøen er en lang tange under dannelse nu, med en hel række strandvolder i høiere nivaa.

Rullestenen i strandvoldene sprækker istykker ved den sterke frostsprængning. Materialet i de gamle laguner og



strandvolder er derfor som oftest skarpkantet grus. Den solide kulmsandsten bevarer formen bedre, og nordøst for Hohenlohe danner den et pragtfuldt belte av rullestensvolder i flere hundrede meters bredde. Landet er her en ren ørken. Strandvoldene gaar op til ca. 150 meters høide, men de er ikke nøiagtig maalt endnu.

I dalene nordenfor Torells bræ var der ganske interessante forhold. Bunden av dalene ligger omtrent 10 meter over kystslettens nivåa; der er likesom en terskel i munningen. I den sydligste dal er der et litet vand med en kalvende bræ, men i de to næste er der uttappede sjøer. Utløpene har skaaret sig ned i trange gjel gjennom tersklene, og samtidig er sjøene opfyldt med grus, sand og ler fra bræelven ovenfra. Men der var tydelige sandbrinker endnu rundt om den flate lerete slette, som repræsenterte sjøbunden.

Dalene har utpræget bræ-erosionsprofil. De er dannet for kystsletten, som ikke viser spor av glaciation.

Hverken i Hornsund eller i landet nordenfor til Cap Lyell findes der forekomster av mineraler, som har eller kan tænkes at faa nogen værdi. Anneksjoner i Hornsund bør derfor som en række andre ikke medregnes, naar der er tale om forskjellige nationers økonomiske interesser paa Spitsbergen.

Søndag 15de juni avholdt Norsk Geologisk Forening en ekskursion til Fuglemyren paa Vettakollen under statsgeolog dr. Gunnar Holmsens veiledning.

Ved hjælp av torvbor demonstrertes torvens lagdeling. Under 1 a 2 meter tykt lag lys uformuldet mosetorv fandt man et lag sterkt humificert torv, som øverst førte rikelige rester av furubark og vedpinder. Med myrboret merket man stubbelag. Grænsen mellem de to torvlag var skarp. Det stubbeførende torvlag blir nedentil opblandet med starrester. Det hviler paa gytje. Et sted saa man carexrøtter indvokset i gytjen. Paa dette sted laa gytjeoverflaten 2 m. under myrens avløps-terskel, saa man maa tænke sig, at det bassin hvori Fuglemyren nu ligger engang har været avløpsfrit.

*Rolf Falck-Muus.*

**Hvite blokkebær.** Hvite bær synes at være meget sjeldne hos denne plante, sjeldnere end hos blaabær og tyttebær. Fra vort land foreligger saavidt vites bare én beretning om forekomsten av hvite blokkebær, nemlig paa øen Fonna i Fitjar, Søndhordland (O. J. Lie-Pettersen i »Naturen« 1911, s. 311).

Nylig er der til Bergens museums botaniske afdeling kommet efterretning om endda et fund av hvite blokkebær, denne gang paa gaarden Hustuft i Etne, likeledes i Søndhordland.



Lærer Halvard J. Fjøsne, hvem meddelelsen herom skyldes, skriver at der her bare findes en enkelt tue av planten. »Naar dei vert mogne smakar dei som vanlege blokkebær, men ser mest ut som kvite rips«.

Ogsaa utenfor vort land synes hvitfrugtede blokkebær at være meget sjeldne. I de floristiske haandbøker fra de andre skandinaviske lande kan de ikke sees at være nævnt. Derimot nævnes i tredje utgave av Schinz u. Keller: Flora der Schweiz (Bd. II, s. 268, Zürich 1914) fra et enkelt voksested i Alperne en var. *leucocarpum* Zabel »mit grünl. weissen Beeren«, som vistnok kommer vor plante nær.

Jens Holmboe.

**Forsøk med ønskekvissten.** Jeg læste med stor interesse hr. M. Leegaards lille notis i »Naturen« for 1919, s. 371. Før jeg hadde læst hans opsæt, hadde jeg selv gjort endel forsøk med ønskekvist-medier, og disse forsøk førte mig med tvingende grunder ind paa den tyding av kvistens bevægelse, at den tar sit utspring i en omdreieende utløsning av cellespændingen i de deler av kvisten som omslutes av mediets hender. Mange forhold peker den vei; jeg skal dog her bare nævne et par træk som maaske ikke er iagttat sikkert før.

Lægger man de friske kvister i vand en dag eller to, saa de faar mætte sig helt med vand, saa gir de ikke utslag. Men tørrer man dem, saa gir de utslag igjen omtrent som friske kvister eller litt trægere end disse. Utløsning av spændingen i celleveggene synes altsaa ikke at kunne gaa for sig, naar alle vedceller er fylt med vand.

Et par av de medier jeg har arbeidet med, har i nogen tilfælder ikke kunnet faa kvisten til at »gaa«, endskjønt de har faat greie og sterke utslag paa de samme steder baade før og senere. Disse merkelige svigtninger er alle indtraadt under omskifte i veiret og høi barometerstand. Professor Hansteen-Cranner, som velvillig har bistaat mig med raad under disse forsøk, paapeker i denne sammenheng, at de momentane torsioner som indtrær ved berøring av frugtene av *Impatiens noli tangere* og flere tropiske vekster, er i høi grad avhængige av veiret.

I sit forsøk paa at tyde fænomenet gjør imidlertid hr. Leegaard sig skyldig i en sammenblanding av to ting. Ett er bevægelsens mekanik, ett andet er dens aarsak eller den kraft som fremkalder den. Han mener at den spænding som utløses ved kvistens utslag skyldes en vridning av kvisten med hændene, og at kvisten »gaar« kun saa længe og saa langt som indtil den av hændene frembragte spænding er utløst. Men samtidig siger han at denne utløsning »turde være den hemmelighetsfulde kraft som gjør at ønskekvissten paa sine steder gir utslag.«



Ønskekvisten gir utslag »paa sine steder«; det er et faktum. De 5 medier jeg har operert med har alle faat utslag med kvisten paa sine steder — og ikke andetsteds, endda de har forsøkt sig mangesteds. De 5 medier har holdt kvisten paa 4 forskjellige maater (bare en har holdt den slik som hr. Leegaard beskriver stillingen), og dog har alle faat utslag paa de samme steder. Videre:

- a. Intet medium har faat utslag med kvisten naar de gik i hele galosjer.
- b. Intet medium har faat utslag med kvisten naar dennes grener var omgit med gummi (gummislange).
- c. Intet medium har faat utslag med utbløtte kvister.

Jeg ser at hr. Reusch taler om nervøsitet i denne forbindelse. Godt; men hvorfor blir disse mennesker nervøse bare paa sine steder? Hvorfor ikke naar de gaar i hele galosjer, eller naar kvisten er omgit med gummi i mediets hender? Hvorfor blir de aldrig nervøse naar de kvister de holder i hænderne er utbløtt?

Det kan slaaes fast at kvisten gir utslag »paa sine steder«. Dens utslag maa følgelig ha noget med jorden at gjøre — med forhold som findes i jorden paa sine steder og ikke paa andre.

Landbrukshøiskolen i mai 1920.

*S. Hasund.*

**Cyklon paa Besserudtjernet.** Sommeren 1911 blev under tegnede vidne til et ganske eiendommelig naturskuespil. Det var i juni, og jeg kom spaserende paa den store landevei, som gaar forbi Besserudtjernet paa Holmenkollen ved Kristiania. Veien ligger meget høiere end tjernet, og jeg kastet et flygtig blik ned paa dette. I det samme blev jeg imidlertid var noget ute paa tjernet, som gjorde, at jeg øieblikkelig stoppet op og ikke kunde faa mine øine fra det som foregik. Hvad der hændte, var at vandet paa et bestemt sted, nær den nærmeste bredd, i en omkreds av  $\frac{1}{2}$  meter, hadde taarnet sig op i en 1-meterlang vandsøile, som med en hurtig, hvirvlende bevægelse dreiet sig om sin egen akse. Derefter flyttet den eiendommelige, pyramideformede figur sig med lynets fart over hele tjernet, der som bekjendt ikke er litet, og forsvandt saasnart den anden bredd var naadd. Under denne sin passage over tjernet beskrev vandsøilen, der hele tiden saa ut til hverken at avta eller tilta i høide, foruten den fremadskridende bevægelse, ogsaa fremdeles den hurtige dreining om sin vertikale akse.

Det cyklonagtige fænomen var meget interessant at iagtta og maa uten tvil betegnes som noget hoist usedvanlig for vort land.

Universitetsamanuensis *Th. Schjelderup-Ebbe.*



# Nye bøker.

---

Til redaktionen er indsendt:

- W. Christie: Rationel potetdyrkning. Nogen forsøksresultater og erfaringer. Särtryck ur Lantbruksveckans handlingar för år 1919. Stockholm 1919.
- A. Mentz og C. H. Ostenfeld: Billeder af Nordens Flora. Anden forøgede Utgave. 8de til 13de Hefte. København 1919. (G. E. C. Gad).
- R. Nilsson: Förteckning över Sveriges ornitologiska litteratur rörande svenska fågelfaunan. 160 s. 8vo. Lund 1920. (C. W. K. Gleerup's förlag).
- James Oliver Curwood: Kazans søn. 227 s. 8vo. Kristiania og København 1919. (Steenske Forlag).
- Nordisk astronomisk Tidsskrift. Utgivet av Astronomisk Selskab (København). Redaktører: Julie M. Vinter Hansen, mag. scient., København, J. Fr. Schroeter, professor, Kristiania, Walter Gyllenberg, docent, Lund. Ny Række, Bind 1, Nr. 1. København 1920. (I Kommission hos G. E. C. Gad).
- Fredrik Holst: Opdræt av ræv i fangenskap. 38 s. 8vo. Med 17 tekstfigurer. Kristiania 1920. (I komm. hos A/S Helge Erichsen & Co.s forlag).
- Ingvald Grande: Jordbunden paa kartbladene Trondhjem og Melhus samt i tilstøtende egne av Søndre og Nordre Trondhjems amter. (Jordbundsbeskrivelse nr. 15. Utgit av Det kgl. Selskap for Norges Vels jordbundsutvalg). 137 s. 8vo. Med 4 karter. Kristiania 1920.
- J. Byrkjeland: Jordi i Seljord og Kviteseid. (Jordbundsbeskrivelse nr. 16). 48 s. 8vo. Med 1 kart. Kristiania 1919).
- Ingebr. Five: Elvevollerne i Gudbrandsdalen. Litt om deres dannelse og egenskaper, samt utnyttelse og forekomst. 74 s. 8vo. Med billeder. (Jordbundsbeskrivelse nr. 17). Kristiania 1919.
- Isforholdene i de arktiske Have 1919. 25 s. 4to. Med 5 karter. (Kjøbenhavn 1920. I Komm. hos G. E. C. Gad).
- Dr. W. Christie: Beretning fra Statens forsøksgaard paa Hedemarken 1919. 15de arbeidsaar. (Særtryk av Landbruksdirektørens beretning for 1919). 50 s. 8vo.
- Naturfredning i Norge. 1920. I. 30 s. 8vo. Kristiania 1920.
-



Fra  
**Norges landbrukshøiskole.**

Bekjentgjørelse om et dosentur i agrikulturkemi er innrykket i Norsk Kunngjørelsestidende nr. 248 for 28de juli. Ansøkningsfrist 31te august.

(H. O. 15729).

---

## **Tromsø museum.**

Ved **Tromsø museum** er **2 konservatorposter** ledige enten begge for zoologer eller 1 for zoolog og 1 for botaniker. Lønnen er ifølge det nye lønsregulativ kr. 5000 med 6 alderstillæg à kr. 500 efter 3, 6, 9, 12, 15 og 18 aars tjenestetid, hvortil kommer statens dyrtidstillæg. Pligt til at gjøre innskud i statens pensionskasse. 3 maaneders gjensidig opsigelsesfrist.

Ansøkninger med attester sendes museets bestyrelse inden 20de oktober.

Tromsø den 13de september 1920.

(H. O 19305).

---

## **1905-fondet for landbruksforskning i Norge.**

Det bekjendtgjøres herved, at fristen for indlevering av besvarelse av de to i 1918 av fondets styre opstillede prisoppgaver er forlænget til 1ste mars 1921. Belønningen er sat til kr. 1000 for hver opgave.

Som nye prisoppgaver, med en belønning for hver av dem paa kr. 2000 er opstillet:

1. „Hvilke faktorer øver indflytelse paa kornvarernes kvalitet og hvorledes kan denne bedømmes i den praktiske kornomsætning? Spørsmålet bør belyses ved egne undersøkelser“. Indleveringsfrist 1ste mars 1922.

2. „Der ønskes en fyldestgjørende undersøkelse som ved egne analyser belyser spørsmålet om, hvormeget nyttig plantenæring der aarligen bortføres til havet gjennom et av vore større vassdrag“. Indleveringsfrist 1ste mars 1923.

Av hovedfondets midler vil i 1920 bli anvendt indtil kr. 2000 til understøttelse av landbruksvidenskapelige arbeider, forsøk m. v. Av Kr. Kolkinns legat vil kunne erholdes indtil kr. 1500 til understøttelse av videnskapelig forskning av melken, dens kemi m. m.

Utførligere bekjendtgjørelse se: „Norsk Kunngjørelsestidende“ nr. 72 for den 8de mars d. a. Nærmere opplysninger ved henvendelse til professor Myhrwold, f. t. styrets formand, Landbrukshøiskolen. (H. O. 4840).