

Elevhefte i kosmisk geofysikk

for

Videregående skole på Dombås

av

Professor emeritus Asgeir Mølmen Brekke

23. februar 2017



# **Elevhefte i kosmisk geofysikk**

100 år med magnetiske målinger på Dombås

Professor emeritus Asgeir Mølmen Brekke  
Tromsø Geofysiske Observatorium



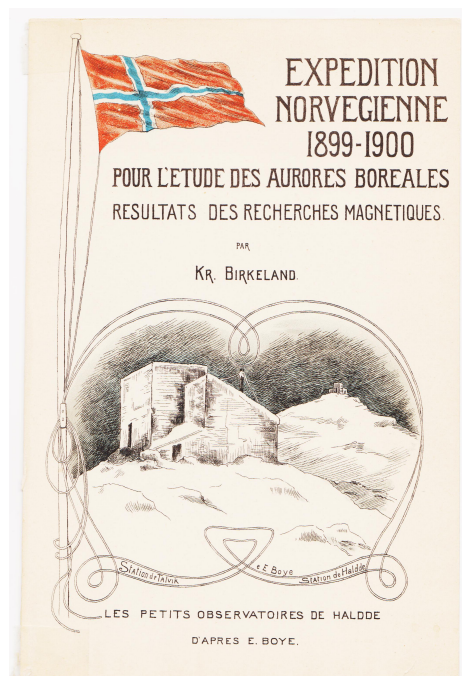
Foto Gunnar Bentsdal

## Magnetiske målingar og elektriske straumar i atmosfæren

Om du spør ein nordmann om kva professor Kristian Birkeland (1867-1917) er kjent for, svarar truleg dei fleste: *Han var ein av dei to gründerane bak Norsk Hydro*. Utlendingane derimot vil kanskje svare: *Om sine idear om nordlyset og studia av dei elektriske straumane omkring fenomenet*.

I 1896 skreiv Kristian Birkeland ein vitskapeleg artikkel i eit fransk tidsskrift der han hevda at nordlyset blir skapt av katodestråler, eller elektron som vi vil seier i dag, som strømmer ut frå sola, blir innfanga av jordas magnetfelt og sugne inn i atmosfæren ved polane.

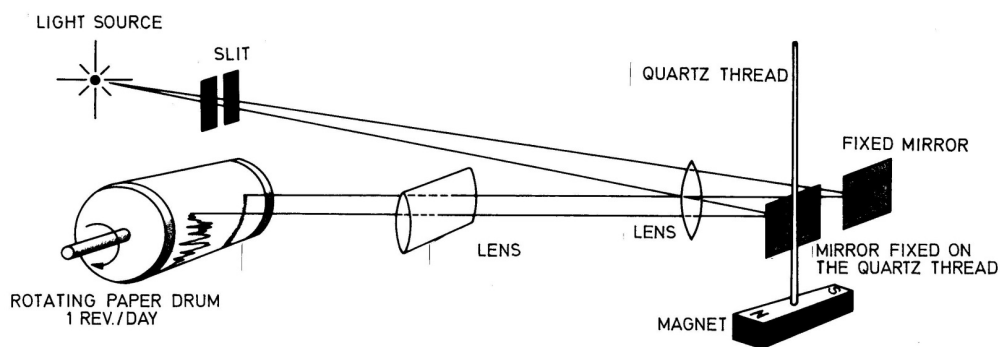
I 1899 fekk Birkeland tilskot frå Stortinget til å bygge eit observatorium på Halde- toppen vel 900 meter over havet i Kåfjord i Finnmark, for å studere nordlys i samanheng med været og variasjonar i jordmagnetismen. Han var der over vinteren 1899-1900 saman med nokre assistentar. I 1901 ga Birkeland ut rapporten frå opphaldet på Halde, og etter framsida av rapporten (Fig. 1) å dømme, var nordlysforskinga fylt av nasjonale kjensler i Norge ved førre sekelskiftet.



*Fig. 1. Framsida av rapporten som Birkeland skreiv i 1901 etter overvintringa på Halde 1899-1900.*

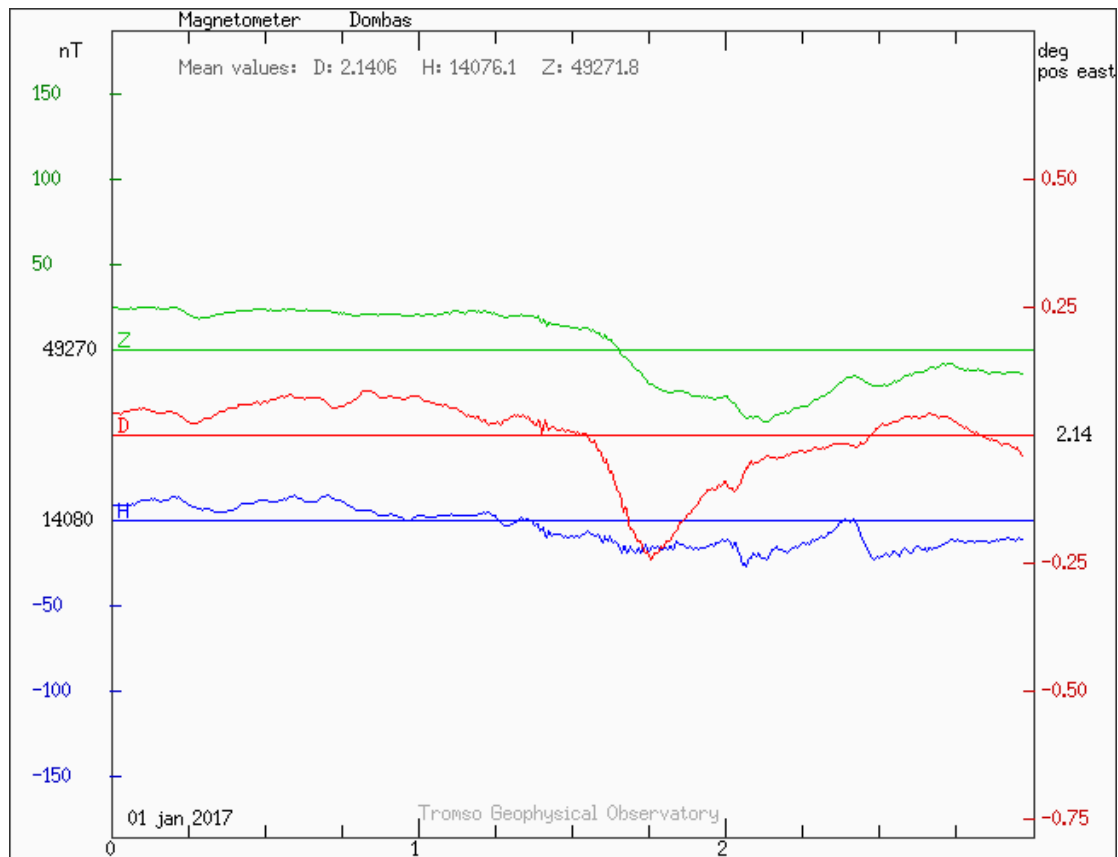
Til Halde hadde Birkeland tatt med seg eit magnetometer (Fig. 2) for å måle variasjonane i jordmagnetfeltet når nordlyset fløynde over himmelen. Grunnen til dette var at han meinte at katodestrålane

(elektronstråler) som laga nordlys også danna elektriske straumar i atmosfæren. Ved å samanlikne målingane han gjorde med magnetometret på Haldde med samtidige slike målingar lengre sør i Europa, som Berlin og St. Petersburg, kom Birkeland til det resultat at disse elektriske straumane var konsentrert i eit smalt belte rundt polen på høge breddegradar.



*Fig. 2. Ei skisse som viser korleis eit klassisk magnetometer (variometer) var samansett. Til høgre heng ein lett magnet i ein tynn kvarts tråd og på tråden er det også festa eit speil. Frå lyskjelda til venstre går lysstrålen gjennom ein spalt og vidare gjennom ei linse før den treffer spegelen og vert reflektert vidare gjennom ei fokuserande linse. Lyset fell mot ein trommel nede til venstre. Trommelen roterer ein gong i døgnet og rundt trommelen er det festa eit fotopapir. Sidan apparaturen står i eit mørkt rom, vil lysstrålen teikne eit spor på fotopapiret som syner korleis magneten har svinga seg gjennom døgnet. Lyset blir og reflektert frå ein fast spegel og denne lysstrålen teiknar eit anna spor på fotopapiret som vert nytta til å kalibrere apparaturen med.*

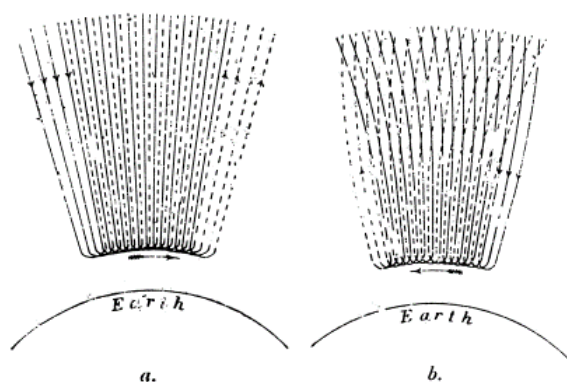
For å kunne gjennomføre ei sann måling av storleiken og retninga på magnetfeltet på staden, må ein ha fleire magnetometer som måler 3 uavhengige komponentar. I eit klassisk oppsett mæler ein den horisontale komponenten (H), den vertikale komponenten (Z) og misvisinga eller deklinasjonen (D) (Fig. 3).



*Fig. 3 Samtidige registreringer av H, Z og D komponentane 1. Januar 2017 på Dombås. Skalaen til venstre i figuren viser verdiane for H-komponenten (blått) og Z-komponenten (grønt) i eininga  $\gamma$  (gamma), skalaen til høgre viser D-komponenten (raudt) i grader.*

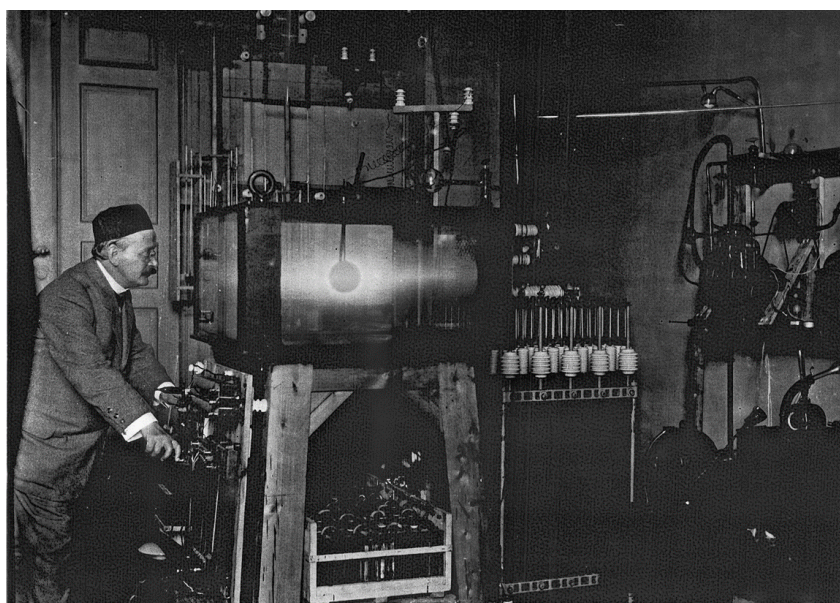
For å kunne danne seg eit meir detaljert bilde av disse straumane, søkte Birkeland igjen Stortinget om pengar til å etablere observasjonspostar på Svalbard, Island, Novaja Zemlja og Bossekop. Vinteren 1902 -03 hadde han såleis mannskap på alle stasjonane til å utføre observasjonar for seg.

På bakgrunn av denne ekspedisjonen skipa Birkeland seg ein modell for dei tredimensjonale elektriske straumane knytt til nordlysutbrot. Katodestrålane som strøymer inn langs magnetfeltet og lagar nordlys i atmosfæren bøyer av langs nordlysbogane før dei returnerer attende til verdsrommet og knyter saman strømsløyfa ein stad der ute (Fig. 4).



*Fig. 4. Skisser som viser Birkelands modell der vertikale strømmar av elektron knytes med ein strøm langs nordlysbogen parallelt med jordoverflata.*

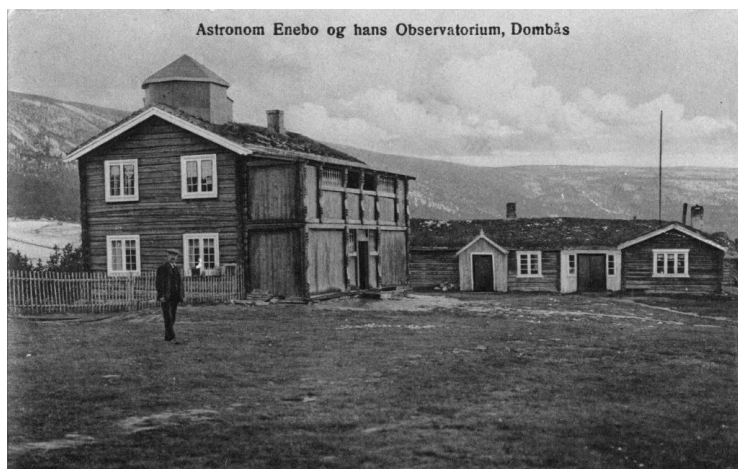
I tillegg til teori- og ekspedisjons arbeidet, gjennomførte Birkeland også eksperiment i laboratoriet ved Universitetet i Kristiania. Her skapte han sitt eige univers i ei kubusforma glaskasse (Fig. 5) ca.  $1\text{m}^3$  i volum. Inne i dette "verdsrommet" hengte han opp ei kule "Terrella" (den vesle jord) med ein innebygd elektromagnet. Med elektriske tilkoplingar til kula og eine hjørnet i "verdsrommet" kunne han produsere ulike lys fenomen som minte om Saturns ringar, solflekkar og nordlyset.



*Fig. 5. Birkeland med sitt Terrella- eksperiment.*

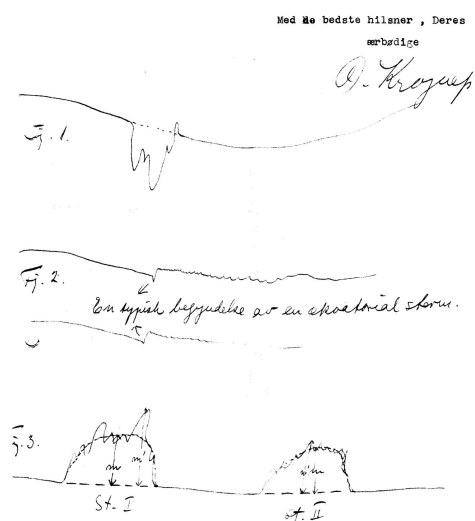
Birkeland vart etter kvart engasjert i oppbygginga av *Norsk Hydro* og vart leia bort frå nordlysforskinga. Han kom ikkje attende til Haldde før i 1910 da han tok seg tid for å observere Halley's komet som synte seg i mai det året. Under opphaldet på Haldde fekk Birkeland ein idé om å utvide observatoriet til et meteorologisk- og geomagnetisk observatorium. Han søkte på ny pengar av Stortinget, og i 1912 sto eit

nytt bygg ferdig på toppen av Haldde klart til å ta imot Cand. Real Ole Andreas Krogness (1886-1934) med familie.



*Fig. 6. Sigurd Enebo framfor husa på Brennøygarden. I huset til høgre var magnetometra.*

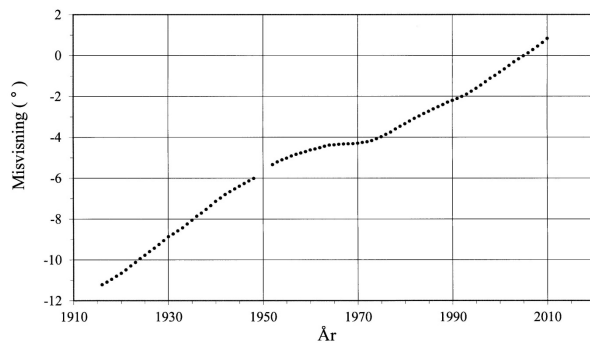
Krogness hadde mellom anna til oppgåve å halda vakt over dei magnetiske registreringane på Haldde, men som Birkeland innsåg han og at det var for få observatorium sør for Haldde og argumenterte overfor departementet om å bygge opp ein magnetometer stasjon på Dovre. Kona til Krogness, Dagny Guldborg, dotter til distriktslegen på Dombås, var venninne med Helga Enebo som var gift med astronomen Sigurd Enebo (1866-1946) på Brennøygarden på Dombås (Fig. 6). Einbu oppdaga i 1912 ei Super Nova og vart verdskjent. Det var derfor naturleg for Krogness å ta kontakt med ein observatør som Enebo for å høyre om han var interessert i å ta ansvar for eit magnetometer på Dombås, og det var han.



*Fig. 7. Skisser som Krogness laga for Enebo i brevet av 7. januar 1918.*



Frå starten på året 1916 var magnetometret på plass på Brennøygarden og observasjonane av variasjonane i jordmagnetfeltet var i gang på Dombås. Krogness satt på Haldde og hadde omsyn med det heile, og skreiv jamleg brev til Enebo for å forklare ham ulike detaljar ved registreringane (Fig. 7).



*Fig. 8. Kurva viser kor leis misvisinga har skifta på Dombås gjennom dei siste hundre åra.*

På grunn av innsatsen til Sigurd Enebo, sønene Per og Knut Einbu og Martin Berg har dei greidd å halde denne mæleserien ubrotten heilt sidan starten i 1917. Den står i dag fram som den lengste ubrotne mæleserien som vi har av jordmagnetfeltet frå nokon stad i Norge. På Fig. 8 ser vi korleis misvisinga på Dombås har skifta frå 12° V til 2° Ø på 100 år.

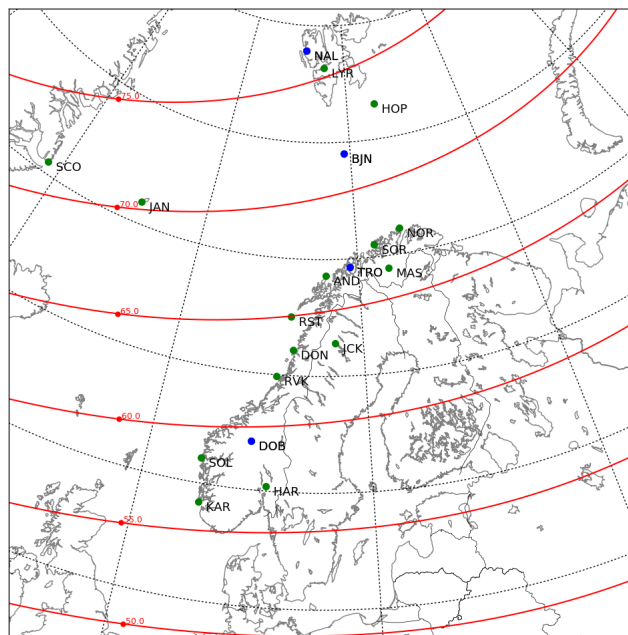


Fig. 9. TGO's nettverk av magnetiske observatorium der observatoriet på Dombås inngår.

Tromsø Geofysiske Observatorium driv eit nettverk av magnetiske observatorium der observatoriet på Dombås inngår (Fig. 9). Dette nettverket er ein del av eit større internasjonalt nettverk i nord Europa IMAGE (*International Monitor for Auroral Geomagnetic Effects*), der 10 institusjonar har gått sammen om å drifte 35 magnetiske observatorium. Data frå dette nettverket er nytta for studiar av den elektriske straumen (elektrojeten) i nordlyset og korleis dette straumsystemet flytt seg over Nordkalotten. Data fra IMAGE vert og nytta til å studere geomagnetisk induksjon i kraflednings nettverk, rørleiingar og liknande saman med langtidsvariasjoner i magnetfeltet i nordlyssonen. Magnetiske data vert og nytta i samband med orientering av borehovud ved brønnboring i Nordsjøen.

## Triangulering og høgdemælingar av nordlys

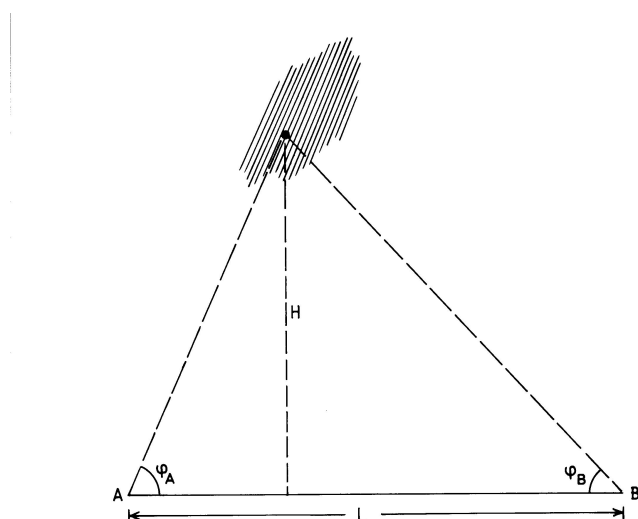


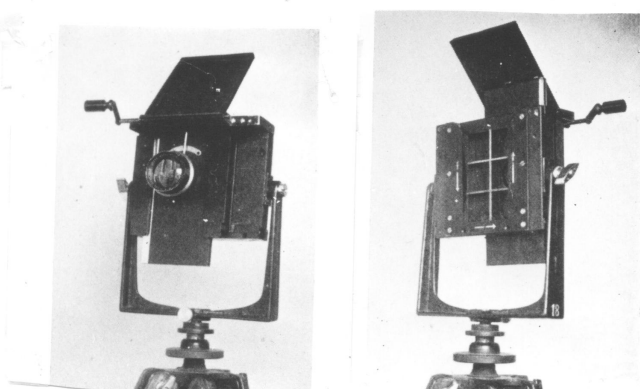
Fig. 10. Prinsippskisse for triangulering av nordlyshøgder.

Birkeland bygde ikkje berre eit observatorium i Kåfjord, men og ein bi stasjon på Talvik-toppen vel 4 km frå Haldde. Målet med prosjektet var å mæle høgda av nordlysbogane ved hjelp av triangulering (Fig. 10). Når ein observatør i punktet A og ein i punktet B, i ein kjent avstand  $L$  (basislengde) frå kvarandre, observerer eit nordlys samtidig og mæler vinklane  $\varphi_A$  og  $\varphi_B$  mellom siktelinene til same punktet og horisontalplanet, kan ein rekne ut høgda  $H$  for det observerte punktet i nordlyset.

Forsøka på høgdemælingane lykkas dei ikkje med på Haldde fordi optikken ikkje var god nok. Nå var avstanden mellom

observasjonspostane så kort at om optikken hadde virka, ville mælingane vore hefta med veldig stor usikkerheit. Birkeland underestimerte derfor høgda av nordlys sidan ein for vel 100 år sidan trudde at nordlys kunne koma heilt ned til fjella, og var nært forbunde med veret og spesielt cirrusskyer. Medan skyene finst omlag 12 km over bakken, er høgda av nordlys til vanleg over 100 km.

Krogness tok opp interessa for høgdemælingane og utvikla etter kvart eit spesielt kamera for nordlysfotografering. I staden for å måtte skifte glasplata i fotoapparatet for kvart bilde, laga han eit kamera (Fig. 11) som ga plass til 6 bilde på same glasplate og kunne såleis ta fleire bilde i rask fylgd av nordlysa. Professor Carl Størmer (1874-1957) var den som skulle drive trianguleringa av nordlyshøgder til ein profesjon. Frå 1911 organiserte han seg med eit nettverk av observatørar rundt i landet og utstyrte dei med Krogness kamera for å triangulere nordlyshøgder med ulike basislengder. Størmer hadde telefonisk kontakt frå heimen sin på Bygdøy med assistentane og i 1916 tok han kontakt med Sigurd Enebo på Dombås for å utruste han med eit kamera.



*Fig 11. Linsa og glasplate haldaren på eit Krognesskamera.*

Men Enebo fekk problem med å operere kameraet og valte heller å teikne av dei nordlysa han observerte. Med sin grundige kunnskap om stjernehimlen, la han også inn stjernebakgrunnen på teikningane som gjorde det mogleg for Størmer å reikne seg til posisjonen av nordlysbogane (Fig. 12).

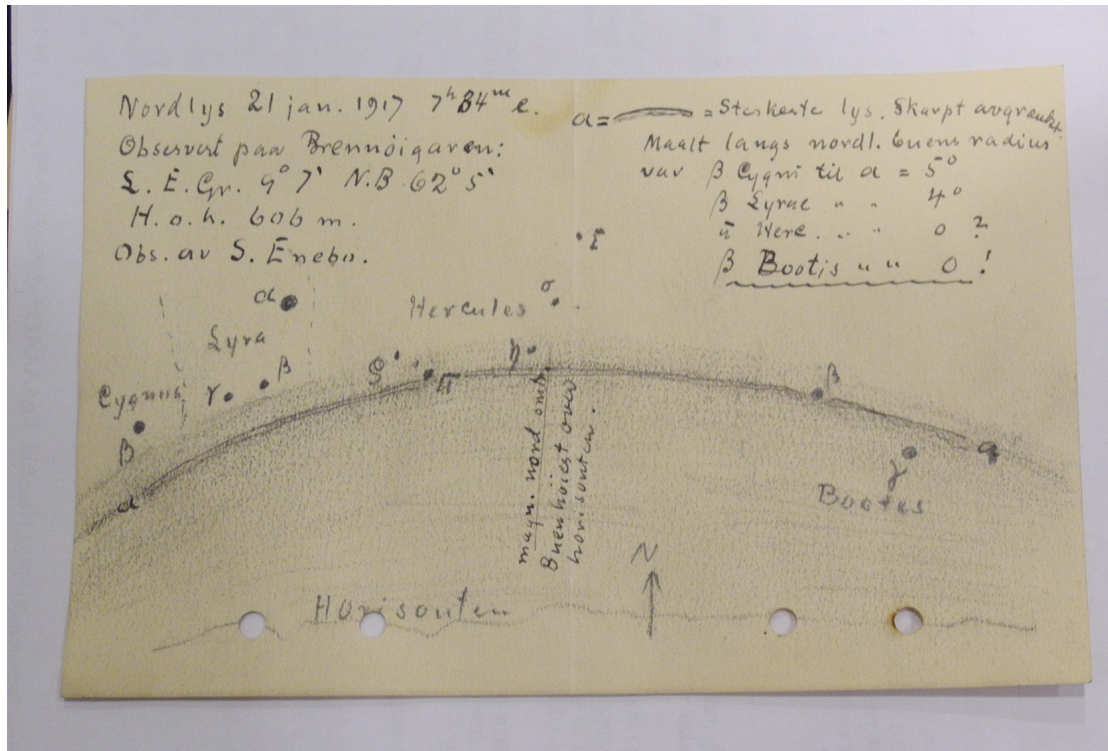


Fig. 12. Ei teikning som Enebo laga for Størmer medan han observerte ein nordlysboge den 21. Januar i 1917.

### Ozon-mælingar



Fig 13. Sigurd Einbu ved Dobson fotometret.

I 1940 tok Einar Tønsberg (1900-1970) ved Nordlysobservatoriet i Tromsø kontakt med Sigurd Einbu<sup>1</sup> og spurte om han var villig til å ta ansvar for eit Dobson-fotometer (Fig. 13) for å mæle innhaldet av ozon i atmosfæren over Dombås. Med Dobson-fotometret kan ein mæle styrken av to ultrafiolette liner i sol spektret, der den eine er påverka av ozon i lufta mens den andre går upåverka gjennom. Styrkeforholdet mellom disse linene er difor eit indirekte mål på ozon i atmosfæren. Fig. 14 viser korleis månads middelferd av ozon innhaldet i ei søyle gjennom atmosfæren over Dombås varierte frå 1940 til 1947. Legg merke til at middelferdet av ozon gjennom året minkar i denne perioden mælingane vart utført. Mælingane var gjennomført hovudsakleg av sonen til Sigurd, Per Einbu.

På 1980-tallet kom det urovekkjande meldingar om at ozonlaget i atmosfæren var sterkt minkande globalt. Eit svekka ozonlag i atmosfæren ville representere ein helserisiko for menneskeslekta og ein kom snart fram til at KFK-gassar (Klor forbindelsar), som var mykje brukt i kjøleskap og aircondition anlegg, angreip ozon i atmosfæren. Det vart internasjonalt vedtatt å forby bruken av desse gasane og det viste seg at etter en tid kom ozon attende til den naturlege tilstand ein ynskte i atmosfæren.

52

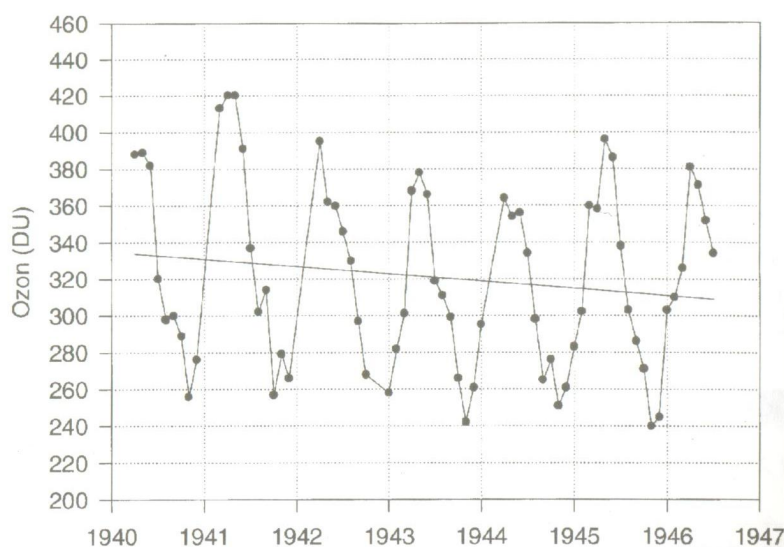


Fig. 14. Månads middelferd av ozon innhaldet i ei søyle av atmosfæren over Dombås mellom 1940 og 1947. Eininga langs ordinaten er Dobson Units som er spesielt innført for ozon innhaldet i atmosfæren.

<sup>1</sup> Sigurd Enebo skift etternamn til Einbu i 1925.

- Oppgåve 1. Kven var den andre gründeren bak Norsk Hydro?
- Oppgåve 2. Kva er spesielt med flagget på fyrste sida av rapporten til Birkeland frå 1901?
- Oppgåve 3. Kva er misvisinga, og kor stor er den på Dombås i dag?
- Oppgåve 4. Kvifor må ein mæle 3 komponentar for å fastlegge magnetfeltet på staden?
- Oppgåve 5. På Fig. 3 er medelverdet av H-komponenten  $14080 \gamma$  og av Z-komponenten  $49270 \gamma$ . Kvifor er Z-komponenten så mykje større en H-komponenten?
- Oppgåve 6. Kva er vinkelen som magnetfeltet danna mot horisontalplanet på Dombås?
- Oppgåve 7. Kor mykje dreia misvisinga seg på Dombås den 1. Januar 2017?
- Oppgåve 8. Korleis kan dei induserte geomagnetiske straumane påverke kraftleiings nettverk på bakken?
- Oppgåve 9. Kvifor er det viktig å kjenne den geomagnetiske tilstand ved boring av oljebrønner under havet.
- Oppgåve 10. Kvifor ville Birkeland ha observatoriet opp på eit fjell?
- Oppgåve 11. Kva er høgda H av punktet i nordlyset om  $L=200$  km og  $\varphi_A$  og  $\varphi_B$  er begge  $45^\circ$ .
- Oppgåve 12. Finn eit uttrykk for høgda H når L og  $\varphi_A$  og  $\varphi_B$  er gjeve.
- Oppgåve 13. Kvifor ville mælingar av nordlyshøgder med ei basislinje på berre 4 km være forbundet med stor usikkerheit?
- Oppgåve 14. Kvifor er det helseskadeleg når ozon vert brote ned i atmosfæren?
- Oppgåve 15. Kvifor er Dobson-fotometret innpakka i eit pledd?