

KVANT

December 4
2019

Tidsskrift for Fysik og Astronomi 30. årgang



TEMANUMMER:

H. C. ØRSTED OG 200-ÅRET FOR ELEKTROMAGNETISMEN

Løssalgspris: 50 kr.

KVANT

Tidsskrift for Fysik og Astronomi

c/o DTU Space, Centrifugevej 356
DK-2800 Kgs. Lyngby

Hjemmeside : www.kvant.dk

E-mail : kvant@kvant.dk

Facebook  : [KVANT.fysiktidsskrift](https://www.facebook.com/KVANT.fysiktidsskrift)

ISSN (trykt) : 0905-8893

ISSN (web) : 2245-4942

Udgives af

Astronomisk Selskab

Dansk Fysisk Selskab

Dansk Geofysisk Forening

Selskabet for Naturlærens Udbredelse

Redaktion

Jens Olaf Pepke Pedersen (ansv. red.),
DTU Space

Michael Cramer Andersen,

Christianshavns Gymnasium

Christine Pepke Gunnarsson (nyheds-
redaktør), DTU Health Technology

Mogens Esrom Larsen,

Institut for Matematiske Fag, KU

Steen Lærke (astro@kvant.dk),

Astronomisk Selskab

John Rosendal Nielsen,

Aurehøj Gymnasium

Dorte Olesen (SNU),

DTU Compute

Finn Berg Rasmussen,

Niels Bohr Institutet, KU

Svend Erik Rugb

Julie Søgaard (Facebookredaktør og AS)

Sarah Pepke Pedersen (korrektur)

Abonnementspris : 180 kr./år.

Kvant udkommer 4 gange årligt og er med-
lemsblad for de udgivende selskaber.

Abonnement tegnes på www.kvant.dk.

Øvrige henvendelser vedr. abonnement til
Christine Pepke Gunnarsson:
christine@kvant.dk (tlf. 27 51 01 76).

Annoncepriser

1/1 side: 3600 kr., 1/2 side: 2300 kr.

1/4 side: 1600 kr.

Priserne er excl. moms og for reproklart
materiale i farver. Henvendelser om annon-
cer til redaktøren på: kvant@kvant.dk

Tryk

Vestergaards Bogtrykkeri A/S.

Oplag: 4.500.



Produktionsplan

Nr. 1-2020 udkommer ca. 15. marts

Nr. 2-2020 udkommer ca. 15. juni

Deadline for mindre bidrag og annoncer
er ca. en måned før, længere artikler skal
modtages to måneder før.

Indhold:

HCØ2020

Rasmus Larsen 3

H. C. Ørsted – forskning, almindelse og æstetik

Dan Charly Christensen 4

Den umættelige Andromedagalakse

Christine Pepke Gunnarsson 6

H. C. Ørsted og den romantiske naturfilosofi

Carl Henrik Koch 7

Ørsted-sølvmedalje til Thomas Bolander

Karen Jøved og Andrew D. Jackson 10

H. C. Ørsteds udenlandske rejser

Fugle – breddeopgave 82 med didaktisk kommentar

Jens Højgaard Jensen 14

Kemikeren H. C. Ørsted

Helge Kragh 16

Kvinder i Fysik-prisen 2019

Anja Skaar Jacobsen 20

Den første udforskning af elektromagnetismen: Ørsted og Ampère

Christine Pepke Gunnarsson 25

Nobelprisen i fysik 2019

Ørsteds præsentation af Ritters arbejde i Paris

Kenneth L. Caneva 26

H. C. Ørsted og de nye ord

Frans Gregersen 30

Kan man tabe sig ved at tænke?

Christine Pepke Gunnarsson 34

Ørsted og striden med Grundtvig om forholdet mellem tro og viden

Jens Olaf Pepke Pedersen 35

Fra Ørsted til Bohr

Ove Nathan 41

Fra Ørsteds opdagelse af elektromagnetisme til det moderne trådløse
samfund

Samel Arslanagić og Olav Breinbjerg 43

På skuldrene af H. C. Ørsted

Tom Nervil 48

Kommende foredrag

Jakob Askou Bøss 50

H. C. Ørsted er en inspiration for alle

Planetkalender 2020

Martin Gøtz 52

Grækernes mekaniske kalender

John Rosendal Nielsen 53

Ørsted-guldmedalje i kemi uddelt

Dorte Olesen Bagsiden

Billedet på forsiden viser H. C. Ørsted på talerstolen
ved festen for de nordiske naturforskere den 12. juli
1847 i Det Gule Palæes gård med Roskilde Domkirke
i baggrunden. Oliemaleri af Erik Ludvig Henningsen
(1855-1930).

Dette særnummer af Kvant er trykt med tilskud fra
energisekskabet Ørsted.



KVANT udsendes gratis, i ét eksemplar, til alle gymnasier, seminarier og HTX-
kurser i Danmark, på Færøerne og i Grønland med velvillig økonomisk støtte
fra Niels Bohr Institutet (KU), Institut for Fysik og Astronomi (AU), Institut for
Fysik, Kemi og Farmaci (SDU), Institut for Materialer og Produktion (AAU),
DTU Fotonik, DTU Fysik samt Institut for Naturvidenskab og Miljø (RUC).

2020 er 200-året for Hans Christian Ørstedes erkendelse af vekselvirkningen mellem elektricitet og magnetisme. Denne opdagelse af elektromagnetismen publicerede han i et kort skrift den 21. juli 1820. Dette er grundlaget for næste års nationale fejring af den naturvidenskabelige erkendelse og af den nysgerrige videnskabsmands betydning for samfundet.

Opdagelsen af elektromagnetismen har gennem teknisk videnskab og industriel foretagsomhed ført til store forandringer af vores samfund. Elektromotorer og generatorer konverterer mellem elektrisk og mekanisk energi og spiller afgørende roller i den grønne omstilling af vores energisystemer.



200 ÅR ELEKTROMAGNETISME 2020

Ørsted var ikke selv optaget af sin opdagelses anvendelser, men med École Polytechnique i Paris som forbillede og som den første direktør for Polyteknisk Læreanstalt – nu Danmarks Tekniske Universitet – fra 1829 fik han også betydning for iscenesættelsen af den tekniske videnskab. Derfor har DTU i partnerskab med det nationale naturfagscenter Astra, Experimentarium, Danske Universiteter, Det Kongelige Danske Videnskabskabernes Selskab og Selskabet for Naturlærers Udbredelsen (SNU) m.fl. sat os for at lede et landsdækkende formidlingsinitiativ “HCØ2020 – Danmark fejrer 200-året for H. C. Ørstedes opdagelse af elektromagnetismen”. Det er værd at bemærke, at H. C. Ørsted har spillet en stor rolle i mange af disse institutioner. Foruden at stå bag stiftelsen af Polyteknisk Læreanstalt var han professor og flegangsrektor ved Københavns Universitet, stifter af SNU i 1824 og mangeårig sekretær i Videnskabernes Selskab.

Hele Danmark, herunder børn, unge og deres forældre, er målgruppen for HCØ2020. Der er fokus på formidling af videnskab på en medskabende og inspirerende måde, der henvender sig til både piger og drenge. Formålet er at styrke naturvidenskabelig dannelse på tværs af alle alderstrin samt højne den almene viden og interesse for videnskab over hele landet og med fokus på fremtidens teknologi. Formidlingsinitiativets indhold kendetegnes ved følgende spørgsmål: Hvad er elektromagnetisme? Hvilken betydning har elektromagnetismen i vores samfund? Hvad er betydningen af forskning? og hvem var H. C. Ørsted?

Programmet består af en række signaturprojekter inden for Kultur, Undervisning og Videnskab. I kul-

turområdet vil vi skabe en bevidsthed om betydningen af forskning, og hvordan elektromagnetismen præger vores liv i dag med: **Ørsted Demo** til landets Science Shows og Science Centre om H. C. Ørsted, opdagelsen af og dagens brug af elektromagnetisme; **Storcenterudstilling**: en vandredstilling, der inspirerer børn og voksne til fordybelse i natur- og teknisk videnskab; **Science Walks**: på steder med tilknytning til H. C. Ørsted vil der blive fortalt historier om hans opdagelses samtid.

Målsætningen for undervisningsområdet er at få faglighed om elektromagnetisme og fortællingen om H. C. Ørsted ind i klasselokalerne, så elever interesserer og lærere oplever relevans i forhold til undervisnings mål med: **Ørsted kit**: til folkeskolens udskolingsklasser med gratis og lettilgængeligt undervisningsmateriale om elektromagnetisme og H. C. Ørsted; **Naturvidenskabsfestivalen** vil i 2020 have temaet “Store Opdagelser” og sætte fokus på, hvordan natur- og teknisk videnskab kan anvendes i samfundet og løse morgendagens udfordringer; **Big Bang Konferencen** for undervisere og formidlere med fokus på kvalitet i undervisningen og motivation af flere børn og unge til at vælge de natur- og tekniskvidenskabelige uddannelser.

På videnskabsområdet vil vi fejre H. C. Ørsted som rollemodel for kommende generationer af forskere samt skabe øget fokus på videnskabens vigtige betydning for den fremtidige udvikling med: **Vandredstillingen “Ørsted på ny”** med fokus på videnskabsmanden H.C. Ørsted fra 1. juli 2020 i Rundetårns udstillingsloft og senere ud i hele Danmark; **Jubilæumsskrift**: e-bog om H.C. Ørstedes liv, elektromagnetismens betydning og hvordan ny teknologi fremadrettet udvikler sig; **H. C. Ørsted-guldmedaljen** uddeles i 2020 til en anerkendt dansk topforsker og sammen med en større bevilling fra Kirstine Meyers Mindelegat; **Nobelprismodtagerforelæsninger** målrettet specialister, forskere og studerende. Foredragene stiller skarpt på den nyeste videnskab i en samfundsmæssig kontekst; Offentlig foredragsrække relateret til H. C. Ørsted og hans opdagelser for den natur- og teknisk videns interesserede dansker; **Tegneserie** om H.C. Ørstedes personlige historie med videnskabshistorie, idéhistorie samt fysik og kemi, som den udvikledes på H. C. Ørstedes tid.

Som en af de første HCØ2020-begivenheder uddelte SNU i samarbejde med Videnskabernes Selskab H. C. Ørsted-guldmedaljen i kemi med tilknyttet rejselegat den 16. oktober 2019 som optakt til 200-året. Man kan læse mere herom på bagsiden af dette nummer af Kvant. Jeg byder alle velkommen til “HCØ2020 – Danmark fejrer 200-året for H.C. Ørstedes opdagelse af elektromagnetismen”. Programmet kan følges på www.hco2020.dk.

H. C. Ørsted – forskning, almindannelse og æstetik

Dan Charly Christensen

Ørsteds lille pjece af 21. juli 1820 på latin om *den elektriske vekselkamps virkning på en magnetnål* vendte med ét slag op og ned på den naturvidenskabelige forskning i hele Europa. Han sendte pjecen til en nøje udvalgt gruppe af kolleger i Tyskland, England og Frankrig, der udgjorde oppositionen mod det herskende paradigme, som udgik fra datidens videnskabsparnas i Paris. Hans skeptikere så sig overrumplet, men måtte bøje sig: Ørsted havde længe anet det, men nu havde han opdaget, hvad næsten alle havde anset for at være uopdageligt: et samspil mellem to forskellige kræfter. I de følgende år modtog han en regn af æresbevisninger. I Danmark vakte sensationen først ingen opsigt. Kun meget få danskere forstod hans eksperiment og endnu færre – om nogen overhovedet – fattede dets perspektiver.

I Frankrig detroniserede unge rebeller som Arago, Ampère og Fresnel selve præsidenten for videnskabsakademiet, Pierre Simon, marquis de Laplace, som ikke ville belønne hans teori med Napoleonsprisen (datidens Nobelpris), fordi den ikke var matematisk. Men for Ørsted betød anerkendelsen fra den yngre generation af naturforskere total oprejsning fra sit nederlag i 1804, hvor han sammen med Johann Wilhelm Ritter havde bejlet til denne pris med en teori om, at Jorden – ligesom sine to magnetiske poler – havde to galvaniske eller elektriske poler. Men nu var Laplaces epoke slut og en helt ny forståelse af fysiske kræfter sat i fokus i de europæiske forskningsmiljøer.

I England smed den unge Michael Faraday alt, hvad han havde i hænderne, og skrev en længere historisk artikel om det nye forskningsfelt (elektromagnetismen), som Ørsteds opdagelse havde bragt på bane. Faraday var lige så matematisk ukyndig som Ørsted og foretrak at anskue fysiske fænomener visuelt. Fælles for dem var også synet på den rene grundforsknings selvstændige betydning – uafhængigt af resultaternes eventuelle teknologiske nytteverdi. En anekdote fortæller, at den britiske premierminister, William Pitt, en dag besøgte Faradays laboratorium i Royal Institution og fik øje på en tøjring omviklet med en kobbertråd. "Hvad skal den der tingest bruges til?" spurgte Pitt. "I don't know", skulle Faraday have svaret, "but I'm sure one day your government will tax it!"

Den elektromagnetiske kraft var i Ørsteds forståelse et dynamisk fænomen, som adskilte sig fundamentalt fra de hidtil kendte mekaniske kræfter. På hans tid kendte man endnu ikke det moderne energibegreb. Mens mekaniske kræfter, fx tyngdekraften, adlyder afstandskvadratloven og virker på afstand i en ret linje, fx månens tiltrækningskraft på tidevandet, forstod Ørsted elektromagnetismen som dynamiske kræfter inde i selve stoffet, som udfolder sig i spiralform i et elektromagnetisk felt. Ørsteds opdagelse tager et væsentligt

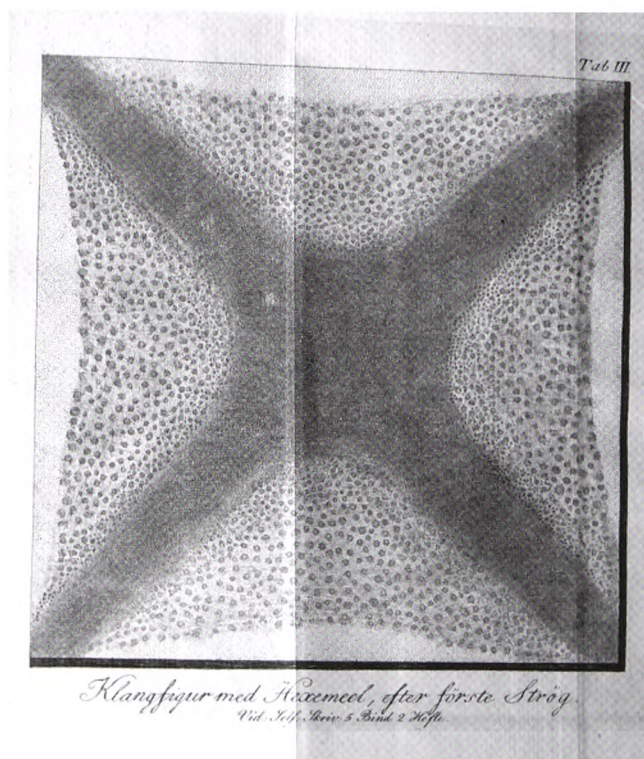
skridt ind i atomteoriens komplicerede univers. Han søgte efter denne sammenhæng i tyve år, og begyndte med at forkaste det herskende dogme – den såkaldte korpuskulateori – i det dengang lille naturvidenskabelige miljø i København – en ret uklog karrierestrategi for en ung student. Havde han levet i dag, ville han som den énmandshær, han var, ikke have haft en chance hos forskningsråd for at få sit dynamiske projekt finansieret.



Figur 1. Ørsted tegnet under sit ophold i Paris af G. L. Chrétien (1754-1811).

Ørsted havde ingen ambition om at omsætte sin videnskabelige opdagelse til tekniske opfindelser. I dag oplever vi, at den moderne verden 200 år senere har gjort et teknologisk tigerspring med udgangspunkt i opdagelsen af elektromagnetismen, hvis betydning ofte sammenlignes med menneskets tæmning og brug af ilden. Praktisk anvendelse af elektromagnetisme skete på Ørsteds tid kun på to områder: 1. telegrafi og 2. minesprængning. Ørsted var med til at opbygge et internationalt samarbejde om telegrafisk kommunikation af magnetiske observationer mellem en række stationer, bl.a. i København. Men da det nyoprettede jernbaneselskab ville have hans hjælp til at sende telegrammer om damplokomotivers færdsel, ignorerede han henvendelsen. For det andet demonstrerede han for den militærgale kong Frederik VI, hvordan man kunne detonere en mine på afstand ved hjælp af en galvanisk ledning. Men det dominerende indtryk er, at han betragtede arbejdet med at omsætte naturvidenskab til teknologi som opmærksomhedstyveri, der stjål hans tid fra noget væsentligere. Denne holdning hindrede ham ikke i at trække teknologikortet, når han behøvede enevældens økonomiske støtte til naturvidenskabelige institutioner som Videnskabernes Selskab, Selskabet

for Naturlærens Udbredelse og Polyteknisk Læreanstalt. Han kæmpede for naturvidenskabernes ligeberet-
telse med teologi og jura på universitetet og påtog sig
et enormt ansvar for at skaffe naturlæren udbredelse og
for at skaffe sine studerende stillinger.



Figur 2. Fra Ørstedes forsøg med klangfigurer (Videnskabs-
selskabs Skrifter 1808).

Til næste år fejrer vi så 200-året for opdagelsen af
elektromagnetisme. Hvad kan vi bruge Ørstedes navn
til? vil nogle spørge. Hvilket aktuelt projekt kan vi
udnytte hans navn til at fremme? Jeg synes måske
hellere, vi skulle vise Ørsted den respekt at spørge,
“Hvad var det, Ørsted stod for?” Og når vi i 2020
beslutter at mindes og hædre ham, påtager vi os en
forpligtelse til – så godt vi kan – at være ambassadører
for hans værdier og ikke misbruge hans navn til at frem-
me fx konkurrencestatens værdier. Da H. C. Andersen
i 1833 drog af sted på sin første store udlandsrejse,
skrev Ørsted i hans stambog om fornuften i Det Sande,
Det Gode og Det Skønne, som også var Ørstedes eget
valgsprog.

For det første, **Det Sande**: At dyrke naturviden-
skabelig forskning (at opdage skaberværkets naturlove)
havde for Ørsted karakter af religionsudøvelse. Menne-
sket er selv et produkt af naturlove, men vi er formentlig
den eneste skabning, der har en bevidsthed herom.
Menneskets særlige forhold til naturlovene formulerer
han sådan: Når vores fornuft er i stand til at opdage
naturens love, er det fordi, naturlovene er gennemsyret
af samme fornuft. Hvis ikke det forholdt sig således,
ville vi være afskåret fra at opdage og forstå natur-
lovene. Indsigt i naturens love forudsætter et sandheds-
kriterium, og al undervisning bør have som sit mål at
lære at skelne mellem sandt og falsk ved at efterprøve
en teori med et eksperiment. Erkendelsen af, at der er
en overensstemmelse mellem vor egen og naturlovenes

fornuft, er forudsætningen for, at vi kan føle os hjemme
i naturen.

For det andet, **Det Gode** (etikken) var et felt, han
forskningsmæssigt overlod til sin bror, juristen Anders,
med hvem han delte aksiomet: “Du bør gøre dit liv
til et aftryk af den evige fornuft, som åbenbarer sig
i dig”. Ørsted havde tidligt gjort sig klart, at han var
begavet med et usædvanligt talent, og med talentets
gave forholder det sig sådan, at det ville være en
modsigelse at lade det gå til spilde. Talent medfører
altså en forpligtelse til at bruge det ikke blot for sin
egen skyld, men også for helhedens skyld. For Ørstedes
vedkommende udfoldede han det først og fremmest
som lærer på universitetet, i Videnskabernes Selskab,
Selskabet for Naturlærens Udbredelse og Polyteknisk
Læreanstalt, ikke mindst som talentspejder. Ørsted var
ikke demokrat i vor forstand, men meritokrat. Talenter
hørte for ham hjemme i de lærdes republik, en uformel
tænketank, der står til rådighed for enevælden.



Figur 3. Ørsted i sit arbejdsværelse i Studiestræde malet i
dødsåret 1851 af Wilhelm Marstrand (1810-73).

Ørsted skelnede ligesom Schiller og Fichte mellem
brødstudenter og filosofiske hoveder. Brødstudenten
spurgte typisk, hvor lille et pensum han kunne nøjes
med at læse op for at bestå eksamen og få sit eksamen-
bevis, som er nøglen til et levebrød, et embede og en
tryk tilværelse. Det filosofiske hoved, derimod, sugede
viden til sig og kunne aldrig få nok. Det filosofiske
hoved insisterer på at forstå sit studium i en større
filosofisk sammenhæng for at tjene den lærde republik.
Som universitetslærer søgte Ørsted at stimulere sine
studenter til at finde sig selv og deres kald. Det var
en nænsom udvikling, der ikke kan tvinges frem, men
kræver forståelse for unge menneskers modningspro-
ces. Som børn har de været vænnet til at få besked om,
hvad de skal gøre og sætte sig ind i. Som voksen styrer
man selv sit liv, finder sit kald, sætter sine mål, og denne
proces fra ydrestyring til indrestyring kan ikke drives
frem med tvangsforanstaltninger.

Utallige er de talenter, Ørsted spottede og hjalp på vej: kemikeren Zeise, matematikeren von Schmidten, arkitekten Bindesbøll, digterne Carsten Hauch og J. L. Heiberg, og ikke mindst H. C. Andersen. Han samlede disse unge mennesker omkring middagsbordet i Studiestræde. Forholdet mellem Store og Lille Hans Christian udviklede sig fra en fader-søn-lignende relation til et jævnbyrdigt venskab, hvor de snakkede om alt lige fra kirke og kristendom, æstetisk teori og fremtidens tekniske eventyrige.



Figur 4. Relief over Ørsteds opdagelse af elektromagnetismen i 1820 af billedhuggeren Anders Jensen Bundgaard (1864–1937).

For det tredje, **Det Skønne**. Naturlovene er for Ørsted tillige en forudsætning for kunsten. Det æstetiske velbehag er ikke en subjektiv størrelse som i frasen "smag og behag er forskellig". Grunden til, at et kunstværk, et stykke musik, et digt eller et maleri, fylder sindet med glæde, er, at det stemmer overens

med naturens love. Gør det ikke det, kan det nok vække opmærksomhed, men ikke nydelse. Dette objektive kriterium for æstetisk nydelse kalder Ørsted det rationelt ubevidste. Det hænger sammen med, at menneskets fornuft udspringer af naturens fornuft. Belæg for denne påstand fandt han fx i de akustiske figurer, der dannes, når man stryger en metalplade bestrøet med heksemel med en violinbue. Er tonen ren, vil heksemelet danne et harmonisk mønster. Der er overensstemmelse mellem det visuelle og det auditive.

Denne fornuftssammenhæng er en ubevidst oplevelse, man behøver ikke viden om Pythagoras' læresætninger om toner og skalaer, hvad det auditive angår, eller om parabler eller andre geometriske figurer, hvad det visuelle angår. Begge dele lever ubevidst i vores fornuft, mente Ørsted 100 år, før Freud begyndte at tale om det ubevidste i psykologisk forstand. "Ørsted is a bit of a metaphysician", erklærede Humphrey Davy, den britiske empirist, der overrakte ham Copleymedaljen i Royal Society, og det havde han nok ret i, og det kan man synes om eller lade være, men karakteristikken er rammende nok og var for Ørsted ikke nedsættende, men hædrende.



Dan Charly Christensen er cand.phil. i historie (1970) og dr.phil. (1996) samt tidligere lektor i historie på RUC. Forfatter af talrige bøger og artikler om videnskabshistorie og af biografien om H. C. Ørsted "Naturens tanke-læser" (2009).

Den umættelige Andromedagalakse

Christine Pepke Gunnarsson, Kvant

ASTROFYSIK. Det er kendt, at vores nærmeste nabogalakse 2,5 millioner lysår væk, Andromedagalaksen, har kurs mod os, og at den om ca. 4,5 milliarder år vil kolliderer med Mælkevejen og danne en ny kæmpe-galakse. Store galakser vokser ved at spise små galakser, og deres historie kan man ofte spore i galaksens halo (en sfæreformet forlængelse af galaksen, som indeholder få stjernegrupper). Nu viser et nyt studie, at Andromedagalaksen har haft en meget mere kannibalistisk fortid, end forskerne hidtil troede. Forskere fra Australian National University har brugt observationer fra fem forskellige teleskoper til at observere stjernerne i Andromedas halo. Her har de kigget på 92 stjernegrupper og bestemt deres hastighed og kredsløb omkring galaksen. De fandt to hovedgrupper med forskellige baner og hastigheder, der ikke matchede hverken hinanden eller resten af galaksen. En ældre gruppe, der bevæger sig vinkelret på galaksens plan, og en yngre gruppe, der bevæger sig i galaksens plan. Ud fra stjernernes alder bestemte de grupperne til at være resterne af to gamle dværggalakser, som Andromeda havde slugt for længe siden hhv. næsten 10 milliarder år siden og for et par milliarder år siden. Forskerne mener, at Andromeda har slugt mange flere galakser i sit liv og

også større galakser, da Andromedas halo er meget større og mere kompleks end Mælkevejens. Forskerne lærer også om Mælkevejens historie ved at studere, hvordan Andromeda og andre lignende galakser udviklede sig, hvilket er nyttigt, da det kan være svært at studere Mælkevejen, når vi bor i den. Heldigvis forventes det, som nævnt, at Andromedagalaksen først kolliderer med Mælkevejen om et par milliarder år.

Kilde: D. Mackey et al. Two major accretion epochs in M31 from two distinct populations of globular clusters. *Nature* 574, 69–71 (2019).



H. C. Ørsted og den romantiske naturfilosofi

Carl Henrik Koch

Hans Christian Ørsteds opdagelse i 1820 af elektromagnetismen er en historisk illustration af den videnskabsfilosofiske pointe, at enhver videnskabelig iagttagelse og ethvert eksperiment er betinget af teoretiske forestillinger.

Ved Hans Christian Ørsteds død i 1851 skrev den danske digter og naturforsker Carsten Hauch om ham, at grunden til hans livs- og verdensanskuelse var blevet lagt i

hiin Tid, da man efter den Digers Udtryk, paa hvilken Ørsted ligetil sin Død satte saa høi en Priis, overalt mente at see forunderlige Figurer, der syntes at tilhøre hiin Zifferskrift, som man seer paa Insekternes og Fuglenes Vinger, paa Æggeskaller, i Skyerne, i Sneen, i Krystaller og Steendannelser, paa de frysende Vande, i Bjergenes, Planternes, Dyrenes og Menneskenes Indre og Ydre, i Himlens Lys og i anstrøgne Glasskiver, i Jernfilspaanerne om Magneten, ja, i de mest tilfældige Sammenstillinger [1].

Indeholdt i citatet er en passus fra en ufuldendt roman af Friedrich von Hardenberg kaldt Novalis. Novalis var en af den tyske romantiks store digtere, som også i Danmark havde mange beundrere.

Ifølge den romantiske naturfilosofi er naturen – indbefattet mennesket – en stor organisme, hvor helheden og hver af dens dele er underkastet de samme love. Det er disse love, som Novalis så aftegnet overalt. Og de er aftegnet i, hvad Novalis kaldte “ciffrskrift”, det vil sige, de er formuleret i matematikkens sprog. For romantikerne er naturen en enhed, og det er denne enhed, naturforskeren må gå ud fra, hvis han vil forstå delen, det vil sige de individuelle fysiske fænomener.

Romantikernes syn på naturen som én stor organisme er kort og klart karakteriseret af den franske forfatterinde Madame de Stahl, som levede på overgangen mellem det 18. og det 19. århundrede. De tyske romantiske naturfilosoffer lod sig lede i deres udforskning af naturen, skriver hun, af to principper. Det ene er, at naturen er dannet i den menneskelige sjæls billede, det vil sige, at da hvert enkelt menneske er frembragt af naturen, hersker dens love i dets indre, og ved at se ind i sig selv, i dets indre natur, kan det opnå viden om den ydre, omgivende natur. Det andet er, at overensstemmelsen mellem hver del af universet og hele universet er sådan, at helheden til stadighed genspejles i delen og hver enkelt del i helheden. Det sidste princip tog Ørsted til sig.

Udgangspunktet for Ørsteds naturvidenskabelige opfattelse af verden var den naturopfattelse, han som ganske ung havde mødt hos den tyske filosof Immanuel Kant. Kant skelnede mellem tingene, som vi oplever dem, og tingene, som de er i sig selv. Fx oplever vi faste genstande, det vil sige genstande, som umiddelbart er uigennemtrængelige, og som kun kan gennemtrænges ved udøvelse af en vis kraft. I virkeligheden er det, vi møder, når vi oplever en fast genstand, en frastø-

dende kraft. Alt virkeligt, det vil sige alt natur, var for Kant i sidste instans et spil mellem frastødende og tiltrækkende kræfter. En sådan naturopfattelse kaldes en dynamisk naturopfattelse. Ordet “dynamisk” stammer fra det græske substantiv “dynamis”, som netop betyder “kraft”.



Figur 1. H. C. Ørsted malet i 1822 efter opdagelsen af elektromagnetismen. I hånden holder han en klangfigurplade af messing. Oliemaleri af C. W. Eckersberg (1783–1853).

Over for den dynamiske naturopfattelse, som især dominerede i tysk romantisk naturfilosofi i begyndelsen af det 19. århundrede, stod på Ørsteds tid en naturopfattelse, hvor samtlige naturfænomener kunne forklares ud fra, at alt bestod af små faste legemer, atomer, som ved stød og pres påvirkede hinandens bevægelsestilstand i overensstemmelse med mekanikkens love. En sådan naturopfattelse blev kaldt en mekanisk naturopfattelse. På Ørsteds tid dominerede denne naturopfattelse fransk naturvidenskab, som var uforstående og afvisende over for den romantiske naturfilosofi. Hvor den romantiske naturfilosofi forsøgte at forstå de enkelte naturfænomener ud fra den helhed, de er en del af, forsøgte fransk naturvidenskab at finde frem til de love, som naturen er underkastet, ud fra de love, som styrede de enkelte naturfænomener. De videnskabelige metoder, tilhængerne af disse to naturopfattelser betjente sig af, var også yderst forskellige. Tilhængerne af den romantiske naturfilosofi hævdede, at indsigt, intuition og

fantasi var væsentlige erkendemidler i forbindelse med at opnå viden om naturens enhed, hvorimod de franske tilhængere af den mekaniske naturopfattelse fandt, at nøgterne iagttagelser og velplanlagte eksperimenter var midlet til at opnå naturerkendelse. De tyske romantikere fandt franskmændene prosaiske og alt for jordbundne.

Isaac Newton havde i det 17. århundrede indført begrebet "massetiltrækningskraft" som et teoretisk begreb, der tjente til at forklare såvel himmelske som jordiske fænomener. Massetiltrækningskraften kan ikke iagttages, men det iagttagede kan opfattes som virkninger af en sådan kraft. Allerede Newton stillede spørgsmålet, om massetiltrækningskraften var en universel, fundamental naturkraft, som også kunne forklare fx magnetiske, elektriske og kemiske fænomener. Idet Newton antog, at materielle genstande bestod af hårde og uigennemtrængelige smådele, konstaterede han i sine meget få overvejelser over kemiske kræfter, at der måtte eksistere en frastødende kraft, der forhindrede disse smålegemer i at smelte sammen, og derfor lå til grund for de fysiske legemers relative stabilitet. Desuden kunne der afskærmes for magnetiske kræfter, hvorimod dette ikke var muligt for massetiltrækningskraftens vedkommende. For at løse problemet vedrørende de fysiske legemers stabilitet antog den kroatisk matematiker, fysiker og jesuit Ruggiero Boscovich, der levede i det 18. århundrede, eksistensen af en universel kraft, der over længere afstande fungerede som en tiltrækningskraft, men over kortere afstande som en frastødende eller repulsiv kraft. Boscovichs universelle kraft er derfor karakteristisk ved polaritet, idet dens to grundformer – tiltrækning og frastødning – står i et modsætningsforhold til hinanden.

I den romantiske naturfilosofis opfattelse af naturens enhed ligger også forestillingen om eksistensen af en universel kraft, der ligesom Boscovichs kraft måtte være karakteristisk ved polaritet. Skønt det ikke lykkedes de romantiske naturfilosoffer at reducere tiltrækningskraften, den magnetiske kraft, de elektriske kræfter og de kemiske kræfter til former for en og samme grundkraft, var de ikke i tvivl om, at de grundlæggende fysiske kræfter måtte være polære, dvs. fremtræde med modsatrettede grundformer. Fx viste opdagelsen af, at man ved hjælp af elektricitet kunne adskille vand i dets to bestanddele ilt og brint, at elektrisk kraft og kemisk kraft var beslægtede, og det var også nærliggende at antage, at magnetisme og elektricitet var beslægtede kraftformer.

H. C. Ørsted var aldrig en overbevist tilhænger af den romantiske naturfilosofi, som han stiftede bekendtskab med i sin ungdom. På den ene side anerkendte han, at naturforskerens udgangspunkt måtte være en forestilling om naturens enhed, en natur, som var underordnet fornuften og derfor kunne være genstand for fornufterkendelse, men tillagde på den anden side, som de franske naturvidenskabsmænd, erfaringen og eksperimentet en afgørende rolle i forbindelse med formuleringen af et videnskabeligt verdensbillede. Med tiden forholdt han sig endog meget skeptisk over for de videnskabelige resultater, som naturfilosofferne påberåbte sig. I sine unge år havde han mødt den dansk-

tyske filosof og naturforsker Heinrich Steffens, der ofte betragtes som den, der bragte den tyske romantik til Danmark, og som den, der inspirerede den unge Adam Oehlenschläger til det berømte digt "Guldhornene", der står som indgangsportal til den danske romantik og til den danske guldalder.

Steffens døde i 1845, og året efter holdt Ørsted en mindetale om ham i Det Kongelige Danske Videnskabsbernes Selskab. Her sagde han blandt andet, at Steffens' hovedværk *Bidrag til Jordens indre naturhistorie (Beiträge zur innern Naturgeschichte der Erde)* fra 1802 indeholdt "mange dristige og skarpsindige Tanker, som vakte megen opmærksomhed", men at man nu små 50 år efter dens udgivelse måtte indrømme "at den ikke har beriget Videnskaben med noget saadant reent Udbytte, som her kunde fortjene at fremhæves [2]." Men han kritiserede også opfattelsen af videnskaben som en ren opsamling af empiriske data, herunder iagttagelser indvundet ved eksperimenteren. Vi forholder os aldrig blot iagttagende, men har bestemt os for fx at undersøge, hvorvidt to faktorer ko-varierer. Og det har vi, fordi vi har grunde til at formode, at dette skulle være tilfældet. Eller sagt på en anden måde: Vi har nogle teoretiske forestillinger om, at en sådan ko-variation foreligger. Ørsteds pointe kan også belyses ved en historie, der fortælles om den østrigsk-engelske filosof Karl Popper. Han fik engang det svar fra en deltager på et af hans undervisningshold, at naturvidenskab er baseret på observation. "Så observér!" sagde Popper. "Jamen hvad?" svarede tilhøreren. "Netop", svarede Popper, "Det er pointen". Hver gang vi planlægger et eksperiment, har vi nogle forestillinger om, hvad der skal undersøges, og hvad der muligvis kommer ud af det, og disse forestillinger bestemmer opbygningen af eksperimentet. Det eksperiment, der i Ørsteds tilfælde afslørede forbindelsen mellem elektricitet og magnetisme, byggede på nogle teoretiske forestillinger, som havde deres baggrund i den romantiske naturfilosofi.

Allerede i Ørsteds samtid var der røster fremme om, at han havde gjort sin opdagelse af elektromagnetismen ved et tilfælde. Således skrev Ørsteds elev og ven, den norske matematiker og fysiker Christopher Hansteen til den engelske fysiker Michael Faraday, opfinderen af elektromotoren, at det med rette var blevet sagt, at Ørsted var faldet over sin opdagelse ved et tilfælde. Allerede så tidligt som i 1821 havde Ørsted protesteret imod en sådan opfattelse [3]. Han havde i overensstemmelse med naturfilosofiens lære om naturens enhed søgt efter en forbindelse mellem magnetisme og elektricitet og havde ved eksperimentel virksomhed udspurgt naturen om sammenhængen mellem de to kræfter og fået svar på sit spørgsmål. "At experimentere", havde Ørsted skrevet i 1809,

er at forelægge Naturen Spørgsmaal og dette for-maaer kun den, som allerede veed, hvordan han skal spørge. Den som eksperimenterer maae derfor, paa den ene Side, bestandigen have det Hele for Øinene, ellers kunde han ingen klar Forestilling erholde om Dele-ne, paa den anden, maae han ingen Deel holde sin Opmærksomhed udværdig [fra tysk "auswärtig", frem-med], fordi den dog er en Deel af det Hele. Aldrig bør

han glemme, at de Kræfter, hvorved Liv og Bevægelse vedligeholdes over hele Naturen, findes i de mindste som i de største Legemer [4].

I det anførte citat kommer tre opfattelser til orde, som Ørsted hyldede livet igennem. For det første eksperimentets og hermed erfaringens afgørende betydning for naturerkendelsen, for det andet, at ethvert naturfænomen skal forstås ud fra helheden, og for det tredje, at naturens love er de samme overalt, i det uendelig store, det vil sige i verdensaltet, og i det uendelig små, det vil sige i den organiske og uorganiske verdens mindste dele.

Indtil sin død fastholdt Ørsted, at han kunne takke inspirationen fra den romantiske naturfilosofi for sin opdagelse.

Litteratur

- [1] C. Hauch (1852) "Hans Christian Ørsteds Levnet", i H. C. Ørsted: Samlede og efterladte Skrifter, bind 9, København, side 118f.

- [2] H. C. Ørsted (1852) Samlede og efterladte Skrifter, bind 8, København, side 105.
- [3] H. C. Ørsted (1920) Naturvidenskabelige Skrifter, udg. af K. Meyer, bind 2, København, side 225, fodnote 1.
- [4] H. C. Ørsted (1809) Videnskaben om Naturens almindelige Love, bind 1 (mere udkom ikke), København, side 9f.



Carl Henrik Koch (f. 1938) er filosofi- og videnskabshistoriker, dr.phil. og forhenværende docent i filosofi ved Københavns Universitet. Han har tidligere skrevet om H. C. Ørsted (og hans bror Anders Sandøe Ørsted) i bd. 3 og 4 af *Den danske Filosofis Historie*, København 2003 og 2004. I 2013 udgav han *Isaac Newton. Geniet og mennesket* og i 2019 *Leonardos Univers om kunsten og videnskabsmanden Leonardo da Vinci*.

Ørsted-sølvmedalje til Thomas Bolander

Den 16. september modtog Thomas Bolander, DTU, H.C. Ørsted-medaljen i sølv for fremragende forskningsformidling.

Sølvmedaljen til Thomas Bolander blev overrakt af fhv. minister Bertel Haarder, der netop er blevet H. C. Ørsted Ambassadør i forbindelse med den snarlige 200 års fejring af opdagelsen af elektromagnetismen. I sin tale motiverede Bertel Haarder tildelingen med, at det var en anerkendelse af Thomas Bolanders enestående evne til at formidle både sit eget specialområde – kunstig intelligens – samt langt bredere dele af det matematiske grundlag for moderne ingeniørmæssige landvindinger:

Thomas Bolander er en formidler helt i særklasse. Han forsker i kunstig intelligens (AI), på grænseområdet mellem logik, matematik og computer science. Han brænder for både forskning og formidling af sine fag. Han har fået DTUs pris som årets underviser, og han underviser også på DTUs efteruddannelse for ledere og specialister, der skal bruge AI i forretningsudvikling. Samtidig er han aktiv i lektiehjælpsinitiativet Matematikcenter, der giver gratis lektiehjælp til skoleelever over hele Danmark.

Han har i mere end 10 år holdt store offentlige foredrag om AI i mange sammenhænge og fora. Et par eksempler er Folkemødet på Bornholm, TechFestival, Science & Cocktails, BLOOM, Ungdommens Naturvidenskabelige Forening (UNF) og i Selskabet for Naturlærens Udbredelse.

På Forskerzonen.dk skriver han tekster, laver podcasts og videoer, og han er med i SIRI- og TechDK-kommissionerne, der begge skaber debat om brugen af AI i Danmark. I alt er det blevet til 105 offentlige foredrag eller debatter i de sidste 5 år.

Om Thomas Bolanders forskning sagde Bertel Haarder, at Bolanders evne til at gå på tværs af fagområder viser sig også både videnskabeligt og i hans formidling. Han er "core staff" i et Semper Ardens forskningscenter finansieret af Carlsbergfonden, under ledelse af humanisten Vincent Hendricks, og han har skabt en ny forskningsgren inden for AI, epistemisk planlægning, der handler om at få AI-systemer til at tage hensyn til andre aktører i deres planlægning og derved opnå social intelligens.



Figur 1. Thomas Bolander (tv.) og Bertel Haarder ved medaljeoverrækkelsen. Foto: Jens Olaf Pepke Pedersen.

Hans forsknings humanistiske grænseflade betyder også, at han i sin formidling på enestående vis er i stand til at fremlægge både de tekniske og de etiske aspekter af kunstig intelligens og dermed skabe grundlag for en meningsfuld debat blandt mange forskellige aktører – politikere, erhvervsfolk og almindelige samfundsborgere. Det gør hans formidling helt specielt relevant for alle aldersklasser og rigtig mange erhverv.

H. C. Ørsteds udenlandske rejser

Karen Jelved og Andrew D. Jackson

Historien om H. C. Ørsteds otte udlandsrejser, som fortalt i hans breve til familie og venner, giver værdifuld indsigt i hans udvikling som international videnskabsmand og aktiv dansk statsborger.

Hans Christian Ørsted foretog otte udlandsrejser, hvoraf nogle varede ret længe. Hans oplevelser er vel-dokumenterede i hans breve hjem. Disse breve havde ofte form af en dagbog til familie og venner og er således i høj grad en envejskommunikation. Ørsteds skrifter indeholder klare eksempler på hans videnskabelige verdenssyn, men de beskæftiger sig ikke med spørgsmålet om, hvorledes det blev skabt. Vi mener, at disse rejsebreve giver en fascinerende dokumentation af Ørsteds udvikling både som videnskabsmand og som menneske.

Ørsteds første rejse, primært til Tyskland og Paris, fra august 1801 til januar 1804, er vel den mest interessante. Den støtte, han modtog til rejsen fra det cappelske legat, blev bragt i stand af hans mentor, Professor Johan Georg Ludvig Manthey, som var medlem af legatets bestyrelse. Det angivne formål med rejsen var, at Ørsted skulle lære mere om teknisk kemi. Ørsteds breve blev sendt til hans forlovede, Sophie Probsthein, sammen med mere personlige breve (som siden er gået tabt), indtil forlovelsens ophævelse i oktober 1803. Alle henvisninger til forlovelsen er slettet i Mathilde Ørsteds 1870-udgave af rejsebrevene, og navnet "Probsthein" er blevet kraftigt overstreget i de originale dokumenter.

Den unge Ørsted sugede nye indtryk til sig – om samfundet og kunsten såvel som om videnskabelige emner. Bevæbnet med entusiasme og en bærbar version af det nyligt opfundne galvaniske batteri (1800), blev han varmt modtaget i både selskabelige og akademiske cirkler. Den vigtigste blandt hans nye tyske bekendtskaber var uden tvivl Johann Wilhelm Ritter, en meget dygtig ung fysiker,¹ der, ligesom Ørsted, var discipel af Immanuel Kants *Naturphilosophie*. Omsider ankom Ørsted til Paris i december 1802. Hans første opgave var at lære sproget, så han kunne kommunikere med de franske videnskabsmænd. I Paris førte han en mere passiv tilværelse ved at overvære forelæsninger og udforske de rige sociale og kunstneriske muligheder. Fremfor alt skulle han tilpasse sig den franske videnskabskulturs rationalisme, som satte stor pris på eksperimentelle resultater og ingen på *Naturphilosophie*. Ørsted brugte sine ny erhvervede sprogkundskaber til at nominere Ritter til en Napoleonspris for en vigtig galvanisk opdagelse. Uheldigvis valgte Ritter at blive nomineret for to tvivlsomme præstationer. Den første af disse var den "opdagelse", at Jorden har to elektriske poler. Den anden var den observation, at en "kompasnål", der var konstrueret med den ene halvdel af zink og den anden

af sølv, ville pege mod den magnetiske nordpol. Ørsted lod sig lave en sådan nål i håbet om at gentage sin vens resultater. Mens Ørsted fik ros for sin støtte til en ven, fik han også ry for at have mere entusiasme end dømmekraft. Ritter modtog ingen pris. Nyheden om Ørsteds malplacerede begejstring nåede hurtigt til København og var sandsynligvis en medvirkende årsag til, at han i første omgang ikke fik en fast stilling ved universitetet.



Figur 1. Christian Albrecht Jensens portræt af Ørsted fra 1832–33.

Ørsted blev udnævnt til *professor extraordinarius* i fysik ved Københavns Universitet (under det filosofiske fakultet) i 1806 og valgt til medlem af det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab. Med sin voksende indflydelse og selvtillid blev Ørsted opmuntret til at søge kongelig støtte til oprettelse af en højskole for eksperimentel naturvidenskab efter samme mønster som dem, han havde set i Tyskland og Frankrig. Selv om dette forsøg ikke lykkedes, fik han nu omsider orlov med fuld løn og rejseudgifterne betalt, med det udtrykkelige formål at undersøge, hvorledes fremskridt i teknisk kemi kunne bidrage til Danmarks økonomiske

¹I 1802 anvendte Ritter kunstfærdige kemiske teknikker til at bekræfte Herschels opdagelse (ad fysisk vej) af eksistensen af infrarødt lys (1801) og anvendte de samme teknikker til at opdage ultraviolet lys. Samme år konstruerede Ritter det første tørrelement, og i 1803 konstruerede han den første akkumulator.

fremgang og velstand. Ørsteds anden udlandsrejse gik til Tyskland og Frankrig i perioden fra maj 1812 til februar 1813. Opgaven med teknisk kemi blev stort set ignoreret, idet det meste af tiden blev brugt på en omarbejdelse af kemien inden for kantianske rammer. I løbet af denne rejse hørte Ørsted fra Anders om N.F.S. Grundtvigs angreb på den akademiske elite i almindelighed og på naturvidenskaben i særdeleshed. Hans Christian svarede kort og godt: "Han er et givtigt Ukrud i vor Litteratur, som med Rod bør oprykket"². Selv om denne reaktion kan forekomme voldsom, skal den ses i lyset af Grundtvigs beskyldning mod fysik: "Guds Fornægtelse [var] dens første Ord, Trolddom og Guldsmageri dens kiæretse Bedrift."³ Ved sin hjemkomst udfordrede Hans Christian Grundtvig i en offentlig brevudveksling, som han fik megen ros for.

Ørsteds tredje rejse varede fra november 1822 til oktober 1823 og bragte ham til Tyskland, Frankrig og England. Det havde været nogle travle år siden hans sidste udlandsrejse. Han havde giftet sig med Inger Birgitte Ballum i 1814, og en voksende families økonomiske behov tvang ham til at påtage sig en tung undervisningsbyrde i hans nye rolle som *professor ordinarius* (1817). På omtrent samme tid (1815) blev han valgt til sekretær i Videnskabernes Selskab. Der var ikke megen tid til rådighed for videnskaben. Ørsteds livslange interesse for sammentrykning af flydende legemer (dvs. både væsker og luftarter) begyndte i denne periode med opfindelsen af hans piezometer.⁴ Det var Ørsteds overbevisning, at hvis han kunne bevise, at et legemes rumfang var strengt omvendt proportionalt med trykket for alle tryk, ville han have bevis mod eksistensen af atomer og for Kants *dynamisme*.⁵

Løverdagen den 22de October, Kl. 6 Eftermiddag, holdes et Qvartalsmøde i Selskabet for Naturlærens Udbredelse. Efterat Forretningerne ere tilendebragte, holder Conferentsraad Ørsted et Foredrag over de ved Daguerreotypien foranledigede nyeste Opdagelser over Lysvirkningernes Natur.

Figur 2. En notits for ét af Ørsteds mange SNU-foredrag (fra *Københavns Kongelig alene privilegerede Adresse-Contoires Efterretninger* (1759-1854), 20. oktober 1842).

Ørsteds største videnskabelige bedrift i denne periode var naturligvis opdagelsen af elektromagnetismen. Opdagelsen blev meddelt den 21. juni 1820 i en privattrykt artikel på latin, som blev sendt til lærde selskaber og udvalgte videnskabsmænd i hele Europa. En af kopierne blev sendt til Sir Humphry Davy. Med hjælp fra sin assistent Michael Faraday, lykkedes det ham snart at verificere Ørsteds resultater. Davy, som var blevet valgt til præsident for Royal Society i 1820, foreslog straks Ørsted som medlem, og han skaffede ham Copleymedaljen samme år. Tingene udviklede

sig mindst lige så hurtigt i Frankrig. François Arago verificerede snart Ørsteds resultater eksperimentelt og viste dem meget overbevisende for en skeptisk tilhørerskare i Paris den 11. september. To uger senere viste André-Marie Ampère vekselvirkningen mellem to strømførende ledninger. Endelig viste Jean-Baptiste Biot og Félix Savart, hvorledes man skulle forklare retningen og størrelsen af det magnetiske felt, som blev frembragt af en lang, strømførende ledning. Dette resultat blev snart generaliseret af Pierre Laplace i den form, der nu er almindelig kendt som Biot-Savarts lov. Hele denne storm af fransk videnskabelig kreativitet, udløst af Ørsteds opdagelse, tog kun nogle få måneder. Trods dette, blev Ørsted først tilbudt medlemskab af *Académie Royale des Sciences* i 1823.

I betragtning af franskmændenes klare videnskabelige evner og tekniske kunnen er det mærkeligt, at de ikke selv opdagede elektromagnetismen. Forklaringen herpå blev givet af Ampère selv i et brev til Jacques Roux-Bordier, skrevet i februar 1821: Coulomb havde forsikret sine kolleger om, at der ikke var nogen vekselvirkning mellem de elektriske og de magnetiske væsker, og denne påstand blev betragtet som en kendsgerning. Franskmændene var overbeviste om, at der ikke var noget at finde, og derfor kiggede de ikke. Ørsted, derimod, var lige så overbevist om, at Kants to fundamentale kræfter (dvs. tiltrækning og frastødning) garanterede, at der måtte være en forbindelse mellem elektricitet og magnetisme. Han kiggede, og han fandt den.

Rejsen begyndte i november 1822, og arkitekten Michael Bindesbøll gjorde ham følgeskab det meste af vejen. Modtageren af de breve, han skrev på denne og alle fremtidige rejser, var Gitte. Først rejste han til Berlin, hvor han fornyede gamle venskaber, og så til Jena og München. Han fandt ikke megen videnskabelig stimulering. Opholdet i Jena bød på et af rejsens højdepunkter — Ørsteds møde med Goethe. I betragtning af Ørsteds respekt for Goethes litterære geni, kunne deres møde være blevet reduceret til en ydmyg pilgrimsfærd; Goethes amatørinteresse for videnskab og Ørsteds nye status som en stor videnskabsmand gjorde det mere til et møde mellem ligemænd. Ikke desto mindre er Ørsteds ærefrygt tydelig. De to havde en diskussion om Goethes *Farbenlehre*, som snarere var en udveksling af tanker end et sindenes møde. Som Ørsted beskrev det, mente Goethe, "at vi vel kom hinanden nærmere i denne Sag, dersom vi ikkun blev længere sammen". Ørsted havde dog sine tvivl.

Hans ophold i Paris manglede ikke "tilforladelige" videnskabsmænd, men der kom ikke meget ud af disse møder. Franskmændene var med rette overbevist om gyldigheden af de teoretiske beskrivelser af elektromagnetismen, som var udviklet af Ampère, Biot og Savart, og havde ikke megen sympati for Ørsteds egne teorier. Han dannede sig et særligt negativt indtryk af Ampère:

²JJ, p. 241.

³Se K. A. Pedersen, *Om Troen og dens Indflydelse på Jordelivet eller om Kirke og Stat*, Grundtvig Studier 1995, p. 41.

⁴Ved at udøve lige stort indvendigt og udvendigt tryk på beholderen, kunne Ørsted måle det flydende legemes sammentrykning uden de fejl, der opstod ved forandringer i beholderens rumfang.

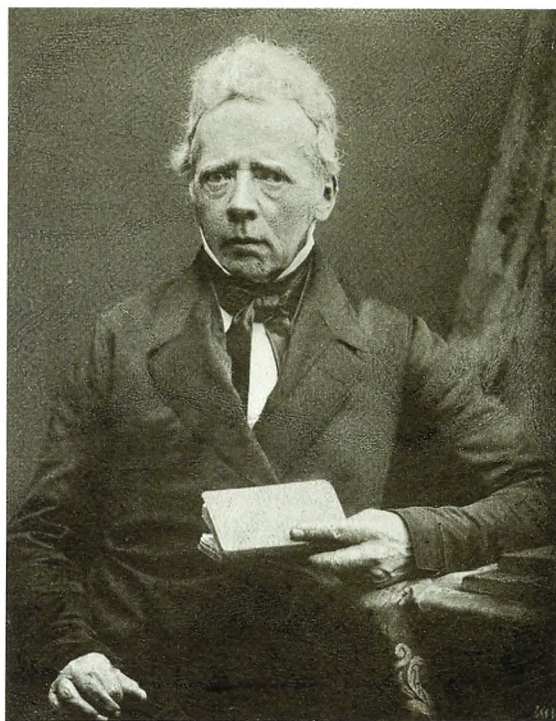
⁵Ørsted fandt, at dette var sandt inden for den eksperimentelle usikkerhed for luftarter og væsker hver for sig. Han observerede også, at dette klart ikke var tilfældet ved faseovergangen fra gas til flydende tilstand, men forstod ikke betydningen af dette.

“Han er en meget ubehændig Disputator, og forstaaer hverken ret at fatte [andres] Grunde eller at opstille sine; ikke desmindre er han et dybsindigt Hoved”. Det er ikke usandsynligt, at Ørsteds begrænsede matematiske evner bidrog til dette indtryk. Trods videnskabelige uoverensstemmelser var Ørsted mere end tilfreds med den varme modtagelse, han fik i Paris. Han fandt ovenikøbet tid til at lave eksperimenter over termoelektricitet med Joseph Fourier,⁶ hvilket tvang ham til at forlænge sit ophold i Paris. Ørsted og Fourier lavede en grundig og systematisk undersøgelse af den virkning, som var blevet opdaget af Thomas Johann Seebeck (1821).

Ørsted var nu parat til sit første besøg i England. Dette besøg kunne have givet grund til nogen bekymring. Ørsted havde oplevet det engelske bombardement af København i 1807 og havde set hele første oplag af sin *Første Indledning til den almindelige Naturlære* gå op i flammer. At der ikke var noget tegn på dette i hans breve, kan skyldes den øjeblikkelige og positive anerkendelse af hans elektromagnetiske opdagelse af de britiske videnskabsmænd i almindelighed og Sir Humphry Davy i særdeleshed. Davy modtog ham med usædvanlig varme; han og Faraday viste ham snart deres nyeste eksperimenter. Meget af Ørsteds tid i London gik med turistaktiviteter, som gav ham rig lejlighed til at undres over de forandringer, som videnskaben og den nye teknologi, ikke mindst dampmaskiner i fabrikker og dampskibe,⁷ havde afstedkommet. Efter næsten to måneder i London, tog Ørsted dampskibet til Edinburgh, hvor hans vært og guide var David Brewster. Brewster, som udgav *The Edinburgh Encyclopaedia*, overtalte Ørsted til at skrive en artikel hertil om elektromagnetismen.⁸ Brewster var også involveret i en af de få videnskabelige undersøgelser, Ørsted udførte på denne rejse. Ifølge Brewster,⁹ udførte Ørsted “et betydeligt antal” målinger af Jordens magnetiske felt “på en rejse i England i 1823”. En af disse blev foretaget i Edinburgh den 4. juli, 1823. Denne måling var imidlertid ikke dagens højdepunkt, da den fulgte efter Ørsteds møde med Sir Walter Scott. Den respekt, som Ørsted havde vist Goethe, dukker op igen over for Scott.

Efter denne tredje rejse tog Ørsteds karriere en ny vending, hvor samfundsmæssige forpligtelser gik forud for hans videnskabelige undersøgelser. Den tid, han satte af til videnskaben, var ikke uproduktiv og resulterede i yderligere elektromagnetiske forsøg, forbedringer af målinger af væskernes sammentrykkelighed og fremstilling af metallisk aluminium. Størstedelen af hans anstrengelser var dog helliget andre ting. I London havde Ørsted været imponeret over det arbejde, som Royal Institution (grundlagt 1799) og London Institution (grundlagt 1806) havde gjort for at fremme udbredelsen af nyttig viden gennem offentlige forelæsninger og kurser for håndværkere. Efter at have set den gavn, man havde af videnskaben og teknologien i England,

beslattede Ørsted at skabe Selskabet for Naturlærens Udbredelse (SNU, grundlagt 1824), som skulle støttes af privat subskription. Der kom ikke megen økonomisk støtte, og Ørsted var tvunget til at påtage sig at holde forelæsninger for SNU fem aftener om ugen ud over sine normale forpligtelser på universitetet. Ligeledes spillede Ørsted en central rolle i grundlæggelsen af den offentligt finansierede Polytekniske Læreanstalt (grundlagt 1829) under Københavns Universitet. Ifølge det oprindelige forslag, fremsat af Georg Frederik Ursin (1797-1849), var hensigten at skabe en skole for praktisk uddannelse af håndværkere. Ørsted modificerede denne idé og skabte i stedet en akademisk institution for højere teknisk uddannelse. Som direktør for Polyteknisk Læreanstalt blev Ørsted tvunget til at påtage sig nye forpligtelser som lærer og administrator. Udover disse formelle opgaver blev han ofte bedt om at udsende hvidbøger om emner, der strakte sig fra spørgsmål vedrørende asfaltisolerede vandrør til det tilrådelige i at give bagere lov til at komme kobbersulfat i deres brød. Hans fornuftige råd om tildeling af patenter blev senere grundlag for den danske patentlov.



Figur 3. Daguerreotypi af Ørsted i London (Antoine Jean François Claudet, 8. september 1846). Bemærk Ørsteds paryk!

Selv om der ikke er mange breve fra den fjerde udlandsrejse til Altona i maj 1827, har den en vis betydning. Formålet med Ørsteds rejse til Altona i maj 1827 var at diskutere forslag til omfattende målinger af misvisningen, hældningen og intensiteten af Jordens magnetfelt for at lokalisere Jordens magnetiske nordpol. Blandt deltagerne var Carl Friedrich Gauss, John

⁶Selv om Fourier nu primært anses for at være matematiker, var han også fysiker. Han var den første til at forstå, at Jordens temperatur var bestemt af en balance mellem den energi, der kommer fra Solen, og den sortlegemestråling (*chaleur obscure*), der udgår fra Jorden, og hævdede (1824), at atmosfæriske gasser kunne forhøje Jordens temperatur. Således burde han have æren for at have opdaget drivhuseffekten.

⁷Den første offentlige dampjernbane, bygget af George Stephenson, åbnede i 1825.

⁸Eftersom encyklopædien var alfabetisk opbygget og blev udgivet mellem 1808 og 1830, fik artiklen titlen *Thermo-Electricity*. Ørsted benyttede lejligheden til at beskrive sin egen rolle i opdagelsen af elektromagnetismen. Se KM II, pp. 351-98 og JJK, pp. 542-82.

⁹Cf. den amerikanske udgave af *The Edinburgh Encyclopaedia* (1832) ed. Joseph Parker, Philadelphia, vol. XVIII, p. 151.

Herschel og Alexander von Humboldt (som havde nyttige kontakter i Sydamerika). Mødet skabte grundlaget for dannelsen af Magnetiske Forening i Göttingen under ledelsen af Gauss og hans assistent, Wilhelm Weber. Ørsteds deltagelse i mødet var mest for at sikre dansk deltagelse i et vigtigt internationalt projekt.



Figur 4. Familien Ørsted i anledning af Birgitte Ørsteds 60-årsfødselsdag i 1849). På forreste række fra venstre: Ørsteds datter Sophie, Hans Christian, Birgitte og Anders Sandøe. Bagerst: sønnen Anders, svigersønnen F. Dahlstrøm, datteren Karen Scharling, svigersønnen E.A. Scharling og sønnen Nikolaj.

Ørsteds femte rejse i september 1828 bragte ham igen til Tyskland, hvor han deltog i det årlige møde, arrangeret af Selskabet for tyske Naturforskere og Læger (Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte) i Berlin. Hans sjette rejse i juli 1842 gik til Stockholm, hvor han deltog i et lignende årsmøde for skandinaviske naturvidenskabsmænd. Formålet med mødet var mere praktisk end filosofisk. Man følte, at den videnskabelige indsats i Danmark, Norge og Sverige blev undervurderet af europæiske kolleger som følge af landenes størrelse og relative isolation, og at denne situation kunne ændres ved at fremme en fælles skandinavisk sammenslutning, som var stor nok til at kræve anerkendelse. Hans breve fra denne rejse afslører ikke, at Kong Carl XIV Johan tildelte ham den svenske Nordstjerneorden. Kort efter sin hjemkomst blev Ørsted hædret af Kong Friedrich Wilhelm IV af Preussen med tildelingen af *Pour le Mérite*-ordenen for bidrag til videnskaben og kunsten. De talrige private selskaber, der blev arrangeret til ære for ham, gav ham chancen for at forny mange gamle bekendtskaber. På denne rejse prøvede Ørsted for første gang at rejse med jernbanen.

Ørsteds sidste udlandsrejse til Frankrig, England og Tyskland fra juli til september 1846 var også ceremoniel, men af noget større interesse. Han var blevet inviteret til at være æresgæst ved det årlige møde i

British Association for the Advancement of Science. Ørsted var ikke længere ung og følte behov for at have selskab på rejsen. Derfor blev han ledsaget af Professor Georg Forchhammer, dennes kone og Mathilde, hans yngste datter. Bortset fra nogle få breve fra Paris var familiekorrespondancen overladt til Mathilde. Deres månedlange ophold i Paris blev dikteret af en meget forsinket audiens hos Kong Louis Philippe. Mens Ørsted ventede, var hans dage fyldt med besøg hos kolleger og instrumentmagere og på fabrikker. Hans detaljerede beskrivelse af fabrikation af vandrør var mere end blot nysgerrighed; i 1847 behandlede Ørsted uofficielt en patentansøgning om overtrækning af vandrør med asfalt som dem, han havde set i Paris.¹⁰ Den længe ventede audiens hos Louis Philippe var ikke nogen succes. Kongen var blevet orienteret om, at han skulle møde Anders Sandøe og havde intet af betydning at sige til hans bror, videnskabsmanden. Rejseselskabet drog videre til London to dage senere.

De to uger, før BAAS-mødet begyndte, var fyldt med den sædvanlige runde af besøg. Vandforsyningen havde stadig Ørsteds bevågenhed. Meteorologiske og magnetiske målinger førte ham til observatorierne i Kew og Greenwich. Det var et tilfældigt møde med William Rowan Hamilton i Greenwich, som afslørede, at denne store matematiske fysiker læste Ørsteds kemiske skrifter. Den 30. august havde Ørsted et morgenmøde med Charles Babbage, som forklarede de nye idéer, der havde fået ham til at opgive sin første differensmaskine trods de £17.000, som han havde fået til at bygge den, til fordel for sin anden differensmaskine.¹¹ Ørsted fik et stykke af den første maskine foræret som en souvenir. BAAS-mødet i Southampton indeholdt ikke meget af videnskabelig interesse. Da Ørsted kom tilbage til London, havde han et kort møde med Faraday, som viste ham sine nyeste eksperimenter over diamagnetismen. Det er overraskende, at Ørsted og Faraday, hvis videnskabelige løbebaner havde så meget til fælles, havde så lidt personlig kontakt.

Ørsted rejste derefter videre til det årlige møde i GDNÄ i Kiel, hvortil han ankom den 22. september. I dette tilfælde er atmosfæren under mødet af større interesse end indholdet. Hans modtagelse i England havde været en fornem demonstration af videnskabens broderskab, hvor idéer blev udvekslet frit, og hvor anerkendelse var upåvirket af nationale eller politiske interesser. Mødet i Kiel beviste, at dette broderskabs bånd ikke var så stærke, som han havde håbet. Mens Ørsted generelt blev mødt med varme på det private plan, var de offentlige udtalelser fra de tyske værter mere politisk ladede og mindre gæstfrie. Dette var især tilfældet ved den officielle festmiddag, hvor bordtalerne var fremmedhadske og eksplicit anti-danske.¹² Som den førende tysktalende gæstedeltager følte Ørsted sig

¹⁰Så tidligt som 1823 havde Ørsted betragtet den tekniske vurdering af mulige erstatninger for de usanitære vand- og kloakrør af træ i København som en af hans "Embedspligter". Modstand, inklusive Anders Sandøes, mod sådanne forbedringer, primært af økonomiske grunde, forhindrede handling indtil koleraepidemien i 1853, som kostede 4000 københavnere livet.

¹¹Den anden differensmaskine blev ikke bygget, mens Babbage levede. En model blev bygget efter Babbages tegning i 1991, og den fungerede ganske som forudsagt, idet den udregnede matematiske funktioner til en nøjagtighed af 31 decimaler.

¹²Dan Ch. Christensen mener, at denne reaktion ikke blot var et tegn på generisk nationalisme. I et Åbent Brev af 8. juli, 1846, havde Kong Christian VIII erklæret, at arvefølgeoven for det danske kongehus også gjaldt i Slesvig og dele af Holsten. Dette blev set fra tysk side som et indledende skridt i retning af indlemmelse af de to hertugdømmer og vakte stor vrede.

tvunget til at reagere kraftigt. Hans mange udlandsrejser endte således med en beklagende bemærkning, om at “videnskaben nu ikke [er] et skjold mod fornærmelser ansporet af politisk forblindelse”.

Litteratur

- [1] Kirstine Meyer, red. (1920) *H. C. Ørsted's Videnskabelige Værker*, bind I-III, København.
- [2] K. Jelved, A. D. Jackson og O. Knudsen, red. og oversat (1998) *Selected Scientific Works of Hans Christian Ørsted*, Princeton.
- [3] K. Jelved og A. D. Jackson (2011) *H. C. Ørsted's rejsebreve*, Scientia Danica, Series H, Humanistica, 8 vol. 2, København.
- [4] Dan Ch. Christensen (2009) *Naturens tankelæser: En biografi om Hans Christian Ørsted*, København. (Dette danske værk er den eneste komplette biografi over Ørsted.)



Karen Jelved (f. 1944) er lektor emeritus i engelsk, og Andrew D. Jackson (f. 1941) er professor emeritus i fysik. I mere end 25 år har de bidraget til en øget international bevidsthed om betydningen af Ørsted's mange bidrag til videnskaben. Deres publicerede værker omfatter *Selected Scientific Works of Hans Christian Ørsted*. Deres seneste publikation, *H. C. Ørsted's rejsebreve*, er den første komplette udgave af disse fascinerende dokumenter.

Fugle – breddeopgave 82 med didaktisk kommentar

Af Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, INM, RUC.

Mit formål med artikelserien om breddeopgaver er – udover at gøre opmærksom på RUCs fysikuddannelse – dobbelt: Dels udvælger jeg opgaverne, så de kan have interesse som fysikproblemer i egen ret. Dels udvælger jeg dem med henblik på at kunne knytte didaktiske overvejelser til dem af interesse for fysikundervisere. I første omgang i forhold til universitetsundervisning. Men i anden omgang kunne der måske også trækkes paralleller til andre undervisningsniveauer.

Her bringes løsning og kommentar til opgaven fra forrige nummer samt to nye opgaver. Opgaven i sidste nummer af Kvant var denne breddeopgave (nr. 82 i rækken her i Kvant):

Breddeopgave 82. Fugle

Lad os antage, at alle fugle, der er i stand til i vindstille at holde sig svævende over samme punkt af landskabet ved at basker med vingerne, kun varierer i størrelse: Deres form og måden, de bevæger vingerne på, antages at være ens. Hvordan afhænger frekvensen, de basker med, da af deres størrelse? Begrund svaret.

Løsning

Når en fugl holder sig svævende i en konstant højde, må der være en opdriftskraft, O , fra luften på fuglen, i modsat retning og af samme størrelse som tyngdekraften på fuglen, mg , hvor m er fuglens masse og g tyngdefeltstyrken:

$$O = mg. \quad (1)$$

For stillestående, baskende fugle må opdriften afhænge af massefylden ρ af den luft, der presses nedad, og frekvensen f , hvormed der baskes. Hvis vi antager fuglenes form og måden, de bevæger vingerne på, for at være ens, må opdriften herudover alene afhænge af

et lineært mål for fuglenes størrelse, fx længden l af deres vinger. Da ρ , f og l ikke kan kombineres til en dimensionsløs størrelse, må O så være givet ved:

$$O = a\rho^\alpha f^\beta l^\gamma, \quad (2)$$

hvor a er et ukendt, dimensionsløst tal, og hvor α , β , og γ skal vælges, så vi får samme dimension på begge sider af lighedstegnet. Da $[O] = \text{MLT}^{-2}$, $[\rho] = \text{ML}^{-3}$, $[f] = \text{T}^{-1}$, $[l] = \text{L}$, skal α , β , og γ derfor opfylde kravet:

$$\text{MLT}^{-2} = (\text{ML}^{-3})^\alpha \text{T}^{-\beta} \text{L}^\gamma. \quad (3)$$

Da basisdimensionerne per definition ikke kan afledes af hinanden, skal potenserne for hver basisdimension være den samme på begge sider af lighedstegnet:

$$\text{M} : 1 = \alpha \quad (4)$$

$$\text{L} : 1 = -3\alpha + \gamma \quad (5)$$

$$\text{T} : -2 = -\beta, \quad (6)$$

Da den entydige løsning til dette ligningssystem er $(\alpha, \beta, \gamma) = (1, 2, 4)$, har vi derved ved indsættelse i ligning (2) af dimensionsgrunde fundet O til at være givet ved formlen:

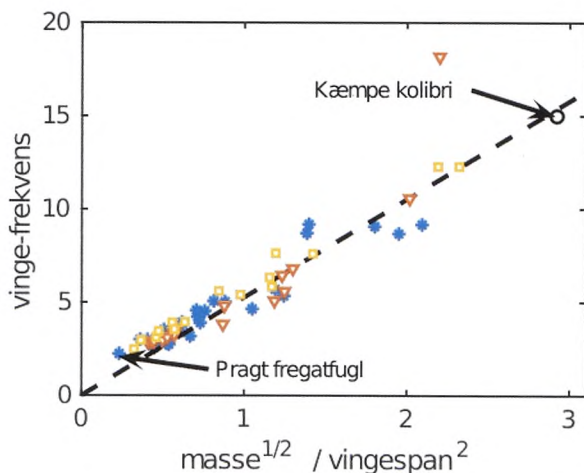
$$O = a\rho f^2 l^4. \quad (7)$$

Frekvensen kan så findes ved at sammenholde ligningerne (1) og (7) til at være:

$$f = \sqrt{\frac{mg}{a\rho l^4}}. \quad (8)$$

Holder antagelsen om ensartet form for alle fugle stik, er m proportional med l^3 . Sammenholdt med ligning (8) betyder det, at svaret på opgaven er:

$$f \propto \frac{1}{\sqrt{l}}. \quad (9)$$



Figur 1. Baskefrekvensen som funktion af $\sqrt{m}/l^2$ for 32 forskellige slags fugle.

Kommentar

I Kvant september 2014 drejede breddeopgave nummer 60 sig om fisk. Her er det så fugle, det handler om. Dimensionsanalyse kan bruges til meget! Eller kan det? Dimensionsanalysen forudsatte jo antagelser om lighedannethed. Og kan man med rimelighed antage noget sådant? Det kan man tilsyneladende. Forbavsende nok.

Min kollega Tina Hecksher har fundet¹ og derefter bearbejdet data for 32 forskellige slags fugles baskefrekvenser, masser, vingelængder og vingearealer. Det fremgår, at vingearealer og kvadratet på vingelængder er stort set proportionale. Derimod kan man ikke regne med, at alle fugle er lige slanke eller buttede. Deres masser er ikke proportionale med vingelængderne i tredje potens. Formel (9) stemmer derfor ikke med dataene. Men formel (8) stemmer forbavsende godt. Da g og ρ er fælles for alle fuglene, har vi ifølge formelen:

$$f \propto \frac{\sqrt{m}}{l^2} \quad (10)$$

Og det er også, hvad dataene ifølge figur 1 viser.

Det skal nævnes, at baskefrekvenserne ikke er optalt for stillestående fugle, men for fugle i flugt. Men som

Tina og jeg forstår biologen Pennycuick,¹ anser han fugles baskefrekvenser for fysiologiske konstanter svarende til, at vores gangfrekvens er styret af placeringen af tyngdepunktet og størrelsen af inertimomentet af vores ben. Og så må man jo antage, at baskefrekvensen for en given fugleart er den samme i flugt og stillestående. Det er dog stadig forunderligt, så god overensstemmelsen er imellem vores teoretisk udledte formel og data. Er måden, hvorpå forskellige slags fugle bevæger vingerne, virkelig ens? Varierer de ikke amplituden, når de basker med vingerne? Pennycuick kommenterer det ikke. Og Tina og jeg er ikke biologer.

Breddeopgave 83 og 84. Ståltrådsstrækning

Inden næste nummer af Kvant udkommer, kan læserne eventuelt overveje løsninger til disse to opgaver fra breddekurset på RUC (fra eksamen juni 1993 og eksamen juni 2010, nr. 83 og 84 i rækken her i Kvant):

Hvor meget strækkes en stang under sin egen vægt, når den hænger lodret ned fra den ene ende?

En ståltråd svinges rundt i en vandret plan. Hvor meget forlænges ståltråden af at blive svinget rundt? Begrund svaret.

Løsninger og kommentar bringes i næste nummer af Kvant.

PFEIFFER **VACUUM**

Vacuum pumper

To-trins olielamelpumper
Promotionpris fra DKK 8.000

Tlf. 3166 8708
Lars.Scholte@pfeiffer-vacuum.dk
www.pfeiffer-vacuum.com

¹C. J. Pennycuick (1990) "Predicting Wingbeat Frequency and Wavelength of Birds", *J.Exp.Biol.*, bind 150, side 171–185.

Kemikeren H. C. Ørsted

Helge Kragh, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet

Den velfortjente plads, som Ørsted har i fysikhistorien, skyldes hans opdagelse af elektromagnetismen. Men han var nok så meget kemiker som fysiker, om end hans bidrag til og betydning for kemiens udvikling ikke er så kendte som hans fysiske arbejder. Set i et længere perspektiv var opdagelsen af aluminium i 1825 måske hans vigtigste kemiske bidrag.

Kemien omkring 1800

I slutningen af 1700-tallet fandt en drastisk ændring sted med hensyn til det begrebsmæssige grundlag for kemien. Den vigtigste aktør i den såkaldte kemiske revolution var den innovative franske kemiker Antoine-Laurent de Lavoisier, hvis forlag til en ny kemi især omfattede tre områder. Først og vigtigst erkendte han, at forbrændingsprocesser består i, at det brændbare stof optager et nyt grundstof fra luften, som han kaldte oxygen (ilt). For det andet viste han og andre, at vand er en kemisk forbindelse mellem to gasser, nemlig oxygen og det allerede kendte hydrogen (brint). Desuden foreslog Lavoisier i sin lærebog *Traité Élémentaire de Chimie* fra 1789 en ny tabel for grundstoffer og angav praktiske kriterier for, hvornår et bestemt stof er et grundstof.

I Danmark kan udbredelsen af den kemiske revolution følges gennem de tre udgaver af en omfattende *Chemisk Haandbog*, som apotekeren Nicolai Tychsen skrev mellem 1784 og 1804, den sidste under titlen *Theoretisk og Praktisk Anviisning til Apothekerkunsten*. Mens den første udgave var forankret i den traditionelle kemi, medtog Tychsen i udgaven fra 1794 også Lavoisiers nye kemiske teorier, som han dog først tilsluttede sig i bogen fra 1804. På den tid var den kemiske revolution kommet til Danmark, uden at alle dog tilsluttede sig de nye idéer [1]. En af skeptikerne var Ørsted, der havde sine forbehold og egne idéer.

H. C. Ørsted havde som dreng arbejdet i laboratoriet hos faderen Søren Christian Ørsted, der var apoteker i Rudkøbing. Den unge Hans Christian startede sin karriere med studier i kemi og farmaci, hvilket allerede i 1797 førte til hans første videnskabelige arbejde i form af den prisbelønnede afhandling *Om Modervandets Oprindelse og Nytte*. Afhandlingen var baseret på selvstændige kemiske undersøgelser og viste, at den 20-årige forfatter var godt inde i det kemiske håndværk. At han også var interesseret i og vidende om den teoretiske kemi, stod klart med udgivelsen af fire artikler om kemiens grundlag, der 1798–1799 udkom i tidsskriftet *Bibliothek for Physik, Medicin og Oeconomie*.

En alternativ kemi

I en selvbiografi fra 1828 beskrev Ørsted de første år af 1800-tallet som "en mærkværdig videnskabelig Gjæringstid ... [der] opvakte mange store Anelser om en højere Indsigt" [2]. Den videnskabelige gæring stod i gæld til den italienske fysiker Alessandro Voltas sensationelle opfindelse i 1800 af det elektriske batteri, eller

hvad der ofte blev betegnet som en voltasøjle (figur 1). Som så mange andre var Ørsted vildt betaget af det nye apparat, som han i 1801 lavede sin egen version af og samtidig beskrev i en artikel. På sin udlandsrejse 1801–1803 diskuterede han med tyske naturfilosoffer den særlige elektriske kraft, der tilsyneladende spontant opstod ved kontakt mellem to forskellige metaller som kobber og zink. Hvor stammede kraften fra? Var den metalliske kontakt i sig selv mekanismen, eller var der tale om en skjult kemisk proces? På rejsen til Tyskland blev Ørsted nær ven af den excentriske naturforsker Johann Ritter, hvis uortodokse idéer om kemi og elektricitet han forsvarede gennem mere end et tiår.

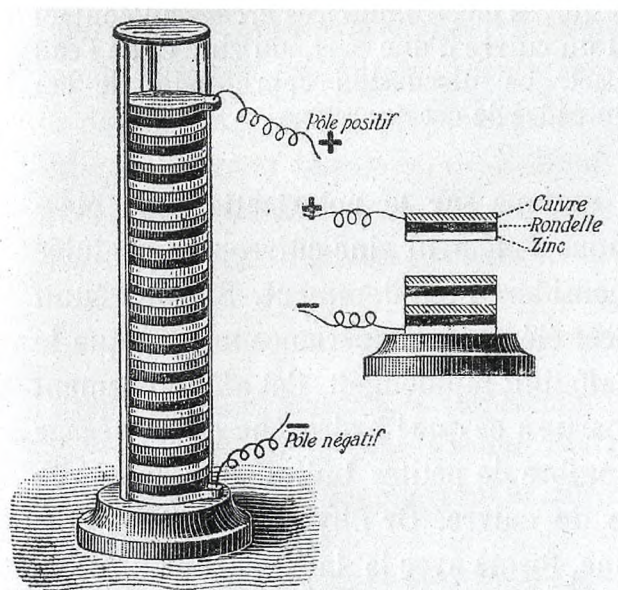


Fig. 283. — Pile de Volta.

Figur 1. Voltas batteri fra 1800, der fascinerede Ørsted og hans samtid.

Under indflydelse af Ritter og den noget obskure ungarske kemiker Jacob Winterl arbejdede Ørsted i en længere periode med at skabe et dynamisk-naturromantisk alternativ til den gængse kemi, der på den tid var baseret på en videreudvikling af Lavoisiers idéer. I 1812 præsenterede han alternativet i et ambitiøst værk med titlen *Ansicht der Chemischen Naturgesetze*. Værket og de idéer om en reformation af kemien, som det repræsenterede, blev imidlertid afvist af næsten alle tidens naturfilosoffer, uanset om de var fysikere, kemikere eller farmaceuter.

For kort at illustrere, hvor forskellige disse idéer var fra både nutidige og datidige opfattelser, kan nævnes syntesen af vand ud fra de to gasser oxygen og hydrogen, der i moderne form skrives $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$. Ifølge Ørsted og Ritter kunne processen forstås ved at identificere oxygen som vand med en positiv elektrisk ladning og hydrogen tilsvarende som negativt ladet vand. På den måde fremstod vandsyntesen ikke som en ægte kemisk syntese, men blot som to elektriske former af vand, der ved ophævelse af de elektriske ladninger blev til almindeligt vand. Ørsteds dynamiske kemi er beskrevet i den videnskabshistoriske litteratur [3]. Jeg skal ikke beskæftige mig yderligere med den, bortset fra at nævne en måske noget overraskende konsekvens, nemlig Ørsteds modstand mod atomteorien.



Figur 2. Universitetets kemiske laboratorium i studiegården, hvor Ørsted opdagede aluminium. Fotografi fra 1913.

Atomer og grundstoffer

Forestillingen om, at stof består af mindstede eller atomer, går tilbage til antikken og var velkendt i 1700-tallet, men uden at hverken Lavoisier eller andre knyttede den til idéen om grundstoffer. En langt mere frugtbar kemisk atomteori blev foreslået af englænderen John Dalton, der i 1808 argumenterede, at der til hvert grundstof svarer et bestemt slags udeleligt og permanent atom. Hvad mere er, Dalton indførte det fundamentale begreb om atomvægte, et relativt mål for, hvor meget et grundstofatom vejer i forhold til et hydrogenatom. Det var en milepæl i fysikkens og kemiens historie, men ikke alle brød sig om Daltons materielle atomer. Ørsted gjorde det slet ikke.

Allerede i sin afhandling *Grundtrækkene af Naturmetaphysiken* fra 1799 havde Ørsted afvist det atomistiske system, da han argumenterede for, at det var ude

af stand til at forklare legemers sammentrykkelighed og elasticitet. Om end han indrømmede, at atomlæren havde visse instrumentelle fordele, var disse slet ikke nok til at opveje ulemperne. Ørsted konkluderede derfor, at atomteorien hørte til fortidens og ikke til fremtidens videnskab. "Det atomistiske System vakler altsaa i sine Grundvolde", skrev han. "Dets hovedsætninger: at der gives Atomer og tomme Rum, ere ubeviiste, og følgelig kun Hypotheser, som man ere berettiget til at forkaste" [4, bd. 1, s. 75].

Fremkomsten af Daltons teori ændrede intet i Ørsteds negative holdning, for også Daltons teori byggede i en fysisk forstand på den slags hårde og materielle atomer, som Ørsted bare afskyede. Som han beklagede sig over i et brev af 1829 til en tysk kollega, kemikeren og mineralogen Christian Weiss, så byggede atomteorien på antagelsen om, at "den oprindelige grund for den materielle verden er en død, hård og inaktiv størrelse". En sådan antagelse stod i diametral modsætning til Ørsteds dynamiske naturfilosofi, der var præget af Immanuel Kants tanker om en materie, der var behersket af eller ligefrem bestod af kræfter.

Selv om Ørsted nødtvungent erkendte forklaringskraften i Daltons teori, fik det ham ikke til at anerkende atomteorien. Som et kompromis søgte han at reproducere atomteoriens fordele inden for rammerne af en dynamisk opfattelse af materien, men forsøget var retorisk og resulterede ikke i en egentlig teori. Ørsted betegnede sine atomlignende kraftcentre som "Grunddele" og talte om "kemiske Tal" eller "Grundtal" i stedet for atomvægte. I 1822 beskrev han sit alternativ til atomteorien, en slags atomteori uden atomer, med ordene [4, bd. 3, s. 314]:

Dalton kalder de heromhandlede Grunddele Atomer; hvorved denne Lære faaer et Skin af udelukkende at tilhøre den atomistiske Naturphilosophie; men intet hindrer os fra at antage, ogsaa i det dynamiske System, en Grundstørrelse for ethvert Kraftforhold, saaledes at dette ikke kan yttre sig i et mindre Rum. Man kan altsaa her ... lade de metaphysiske Stridigheder ud af Spillet, og uforstyrret betragte de udviklede Naturlove.

Når det gælder atomteorien, var Ørsted ikke progressiv. Hans ønske om at undgå eller omgå teorien om atomer var en blindgyde, der dog ikke hæmmede hans mere eksperimentelt betonedede arbejde. Desuden var han ikke den eneste videnskabsmand, der i 1800-tallets midte afviste en realistisk fortolkning af atomteorien, der faktisk var konfronteret med alvorlige begrebsmæssige problemer århundredet igennem.

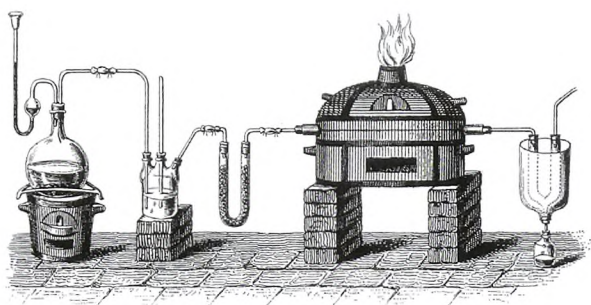
Lerjordens metal

I 1823 indrettede Ørsted et nyt kemilaboratorium i gården ved Studiestræde 6, hvor han også fik sin privatbolig (figur 2). Det vigtigste resultat fra laboratoriets tidlige år var utvivlsomt opdagelsen af aluminium, som Ørsted kunne præsentere for Videnskabernes Selskab i en meddelelse af 25. marts 1825. Meddelelsen blev gjort tilgængelig for en bredere kreds ved at blive optrykt i *Dansk Litteratur-Tidende*.

I betragtning af, at aluminium er det mest hyppige metal i jordskorpen (8,3 % efter vægt), er det bemær-

kelsesværdigt, at metallet først blev isoleret så sent, og da endda kun i en uren form. Det skyldes strukturen af det almindeligt forekommende aluminiumoxid Al_2O_3 , hvor aluminium- og oxygenionerne er bundet særdeles stærkt sammen. Eksistensen af en metallisk substans i alunholdigt lerjord, der er rigt på Al_2O_3 , var dog erkendt tidligere [5]. Allerede Lavoisier henviste i sin grundstoffabel fra 1789 indirekte til det endnu ukendte metal under navnet "argile". I starten af 1800-tallet søgte ledende kemikere som engelske Humphry Davy og svenske Jöns Berzelius at isolere metallet, men uden at det lykkedes. Ikke desto mindre kom der et navn ud af det, nemlig da Davy i 1808 foreslog "alumium". Han ændrede det snart til "aluminum", mens andre i 1800-tallet foretrak stavemåden "aluminium". Man havde altså et navn, men ikke det grundstof, som navnet dækkede.

Ørsted havde mødt Davy i London i 1823, og de to mødtes igen i København i juli det følgende år, kort før Ørsted startede sin undersøgelse af lerjordens bestanddele. I sin rejsedagbog beskrev Davy sin danske kollega som en mand af enkle manerer, velbegavet og "lidt af en tysk metafysiker". Han mente det ikke som en ros.



Figur 3. Metoden i Ørsteds syntese af vandfrit aluminiumchlorid som fremstillet i en dansk lærebog fra 1853. I opstillingen til venstre udvikles chlor, som passerer ovnen med lerjord og kulstøv.

I nogle af sine eksperimenter fra 1824-1825 blev Ørsted bistået af den unge farmaceut Schack Køster, der senere blev apoteker i Randers, men hvis rolle i eksperimenterne i øvrigt er uklar. Det afgørende var en ny metode til at producere vandfri aluminiumchlorid AlCl_3 i stedet for den vandholdige form $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$, hvor vandmolekylerne er bundet som ligander til metalionen Al^{3+} i form af en koordinationsforbindelse. Ørsteds metode bestod i at gløde en blanding af alunlerjord og kulstøv og lede chlogas hen over blandingen (figur 3). I moderniseret form kan processen skrives $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{C} + 3\text{Cl}_2 \rightarrow 3\text{CO} + 2\text{AlCl}_3$. Ørsted kunne nu reducere metallet ud af det vandfri aluminiumchlorid ved behandling med et alkalimetal. Det gjorde han ved at opvarme chloridet med en kalium-kviksølv-legering, et såkaldt amalgam, hvor kun kalium er det aktive stof, og hvor kviksølvet blev destilleret fra uden berøring med luften. Processen er $\text{AlCl}_3 + 3\text{K} \rightarrow 3\text{KCl} + \text{Al}$.

I sin korte artikel om fremstillingen fortalte Ørsted, at de to processer resulterede i "en Metalklump, som i Farve og Glands noget nærmer sig Tinnen" [6]. Meget andet havde han ikke at sige om det metalliske stof. Året

efter beskrev han lerets metal som blygråt og tilføjede, at dets atomvægt eller "chemiske Tal" var 18. I stedet for at bruge enten aluminum eller aluminium som navn for sin metalklump, foreslog sprogrenseren Ørsted i sin danske meddelelse det håbløse navn "Leerær", der kan oversættes til lermetal. Han brugte tilsvarende "Kieselær" for silicium og "Kaliær" for kalium. Som international betegnelse for det nye metal benyttede han Lavoisiers gamle navn, men nu på formen "argillium".

Ørsteds meddelelse om lerjordens metal fremkom på dansk og blev på kort form viderebragt i de internationale tidsskrifter *Journal für Physik und Chemie* og *Annalen der Physik und Chemie*. Også Berzelius' indflydelsesrige *Jahresbericht über die Fortschritte der Physischen Wissenschaften* fra 1827 beskrev opdagelsen, der således var kendt, men uden at vække større interesse. I det omfang opdagelsen vakte opmærksomhed, var det ikke på grund af det nye metal, men på grund af Ørsteds metode til fremstilling af vandfri chlorider.

Man skulle tro, at i det mindste Ørsted selv promoverede det nye grundstof, men det var på ingen måde tilfældet. Han nærmest ignorerede sin opdagelse af leræret, som han ikke anså for betydningsfuld og aldrig vendte tilbage til. I sin selvbiografi fra 1828 nævnte han blot kortfattet sin "Fremgangsmaade, hvorved Leerets Metal optages af Chloret, ud fra hvilken man siden skiller Metallet" [2]. I modsætning til elektromagnetismen ledte fremstillingen af aluminium ikke til nogen dybere naturfilosofisk indsigt, og man kan formode, at dette spillede en rolle for den filosofiske Ørsteds noget ligegyldige holdning til sin opdagelse.

Ørsted eller Wöhler?

Gennem det meste af et århundrede blev opdagelsen af aluminium tilskrevet den fremragende tyske kemiker Friedrich Wöhler, mens Ørsteds oprindelige syntese enten blev forbigået eller betragtet som en ufuldstændig foregribelse af det nye grundstof [7]. Den praktiske anvendelse af aluminium blev så småt indledt i 1854, da franskmænden Henri Saint-Claire Deville fremstillede helt ren aluminium ud fra en ny metode baseret på reduktion af dobbeltsaltet KAlCl_4 med frit kalium (figur 4). Fem år senere skrev han den første og meget brugte monografi om det nye metal, dets historie og mulige anvendelser. Deville fremhævede i *De l'Aluminium* Wöhler som den eneste sande opdager af aluminium, mens han slet ikke nævnte Ørsted og hans bidrag.

På tilbagerejsen i september 1827 fra et besøg hos Berzelius i Sverige gjorde Wöhler et kort ophold i København. Her traf han Ørsted, der fortalte ham om sine eksperimenter med lerjordens metal og opfordrede den unge tysker til at undersøge sagen nærmere. Det var da også, hvad Wöhler gjorde efter hjemkomsten til Berlin, men uden at få Ørsteds metode til at virke. Derimod lykkedes det ham at fremstille metallisk aluminium ved at bruge ren kalium i stedet for kaliumamalgam som reduktionsmiddel. Selv om Wöhler i sin store afhandling "Untersuchungen über das Aluminium" fra 1827 var omhyggelig med at nævne Ørsteds pionerarbejde, blev resultatet i løbet af få år, at Wöhler blev anerkendt som opdager af aluminium. Berzelius

havde i 1827 krediteret Ørsted for først at have opdaget grundstoffet, men et par år senere konkluderede han, at Wöhler var den egentlige opdager. Ørsted protesterede ikke og synes generelt at have været uinteresseret, ikke blot i spørgsmålet om prioritet, men også hvad angik aluminiums videre udforskning.



Figur 4. Det første rene og faste aluminium fremstillet efter Devilles metode.

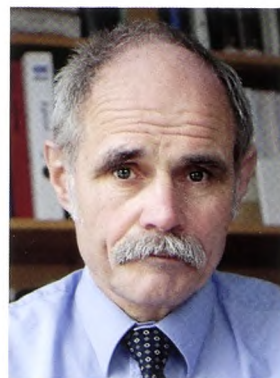
Det tog lang tid, før Ørsted blev rehabiliteret, hvilket først skete i forbindelse med den store fejring i 1920 af elektromagnetismens opdagelse [6]. Kort fortalt påviste den danske kemiker Johan Fogh ved den lejlighed, at Ørsteds metode fra 1825 faktisk resulterede i aluminium og altså, modsat hvad Wöhler havde ment, var reproducerbar. Foghs konklusion modtog støtte fra Niels Bjerrum og andre kemikere og vandt efter nogen tid bred tilslutning. I dag optræder Ørsted i kemihistoriske værker som opdager af aluminium, om end han

rimeligt nok må dele æren med Wöhler, hvis arbejder videnskabeligt set trods alt var af større værdi.

Hverken Ørsted eller andre i samtiden kunne have nogen anelse om den betydning, det kuriøse lermetal ville få i fremtiden. Selv med Devilles metode var aluminium voldsomt dyrt og helt uden industriel interesse. Situationen ændredes først omkring 1890 med udviklingen af en elektrolytisk metode til at fremstille store mængder aluminium ud fra bauxit. I dag produceres der årligt omkring 65 millioner tons af metallet, der bruges til alt mellem himmel og jord, fra øldåser til enorme passagerfly. Vi levede engang i jernalderen, og nu lever vi i den aluminiumalder, hvis spæde begyndelse går tilbage til Ørsteds opdagelse af leeræret i 1825.

Litteratur

- [1] O. Bostrup (1996) *Dansk Kemi 1770–1807: Den Kemi-ske Revolution*, Teknisk Forlag.
- [2] A. S. Jacobsen og S. Larsen, red. (2002) *H. C. Ørsteds Selvbiografi*, Steno Museets Venner.
- [3] A. S. Jacobsen m. fl., red. (2003) *H. C. Ørsted's Theory of Force*, Videnskabernes Selskab.
- [4] K. Meyer, red. (1920) *H. C. Ørsted, Naturvidenskabelige Skrifter*, Høst & Søn.
- [5] M. Weeks og H. Leicester (1968) *Discovery of the Elements*, Journal of Chemical Education.
- [6] H. Kjølsten (1965) *Fra Skidenstræde til H. C. Ørsted Institutet*, Gjellerup.
- [7] J. Richards (1887) *Aluminium*, Baird & Co.



Helge Kragh er professor emeritus ved Niels Bohr Institutet og arbejder især med de fysiske videnskabers nyere historie.

Kvinder i Fysik-prisen 2019



Christina Ayo Toldbo har modtaget årets Kvinder i Fysik-pris. Christina arbejder i øjeblikket som ekstern lektor ved Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet,

med at udvikle undervisningsmateriale til projekt "Marsbasen".

KIF-prisen tildeles årligt for at skabe opmærksomhed på kvinders betydning i fysik. Prisen skal hjælpe med at identificere kvindelige fysikere som forbilleder på universiteter såvel som på gymnasier og i samfundet og erhvervslivet.

Komitéen lagde ved uddelingen vægt på Christinas brede erfaring inden for undervisning og vejledning, og for i offentligheden at inspirere alle til at interessere sig for science. Hendes erfaring spænder fra privat vejledning af studerende på gymnasiet til at guide og lave teambuilding-begivenheder på Tycho Brahe Planetarium og instruere laboratorieøvelser på universitetet. Christina var også en central drivkraft i Dansk Selskab for Rumfartsforskningens fejring af 50-året for den første bemandede månelanding.

Hun har også udført arbejde for Selskabet for Naturlærens Udbredelse (SNU), hvor hun bl.a. arrangerede Asteroid Day på Geologisk Museum og gennemførte en tiltrængt opdatering af foreningens hjemmeside.

Den første udforskning af elektromagnetismen: Ørsted og Ampère

Anja Skaar Jacobsen

Det er ikke trivielt at lave eksperimenter. Som gymnasie- og hf-lærer ved man, at kursister og elever skal lære, hvad det egentlig er, de skal observere, når de laver et givent eksperiment. Hvad kursisterne ser, afhænger af, hvad de tror, de ser, og det er som regel det, læreren har fortalt dem, at de skal se. Der er en pendant hertil i fysikhistorien, for fysikere laver som oftest kun forsøg, der er styret af deres teoretiske overbevisning, og de har en forventning om, hvad det er, de skal se i et givent forsøg. At give en teoretisk forklaring på ens eksperimentelle observationer kan være svært nok, selvom man har en teori, men hvad nu hvis fænomenet er ukendt og uventet, og man selv skal opfinde en teori? Det er den situation, vi skal forestille os pionererne H. C. Ørsted og André-Marie Ampère stod ansigt til ansigt med i den tidlige fase af elektromagnetismens historie. I det følgende vil jeg fortælle lidt af den historie. Undervejs vil jeg belyse nogle forskelle og ligheder mellem de to fysikers eksperimentelle metoder og teoretiske overvejelser.

Ørsted

Ørsted lagde aldrig skjul på, at hans syn på verden var kraftigt inspireret af de tyske filosoffer Immanuel Kant og Friedrich Schelling. Ifølge dem var stof dynamisk og bestod af kræfter. Derfor afviste Ørsted på det bestemteste idéen om atomer som stofs bestanddele. Schelling havde fremført den idé, at verden var en levende organisme gennemtrængt af vital ånd, som alle naturens kræfter kunne tilbageføres til. Ikke bare stof, men også fænomener som elektricitet, magnetisme, lys og varme var i sidste ende intimt forbundne manifestationer af den samme universelle ånd eller sjæl, om man vil. Fysiske og kemiske fænomener blev skabt af konstant vekselvirkende modsatte kræfter. I overensstemmelse med disse idéer, blev målet med videnskaben for Ørsted at søge efter de underliggende forbindelser og vekselvirkninger mellem alle fysiske fænomener og forklare dem med fundamentale polære kræfter. De mest fundamentale kræfter bestemte den kemiske sammensætning af stof. Ørsted kaldte dem tændkraft og brændkraft [1]. Andre kræfter, såsom to modsatte elektriske kræfter, kunne reduceres til de mere fundamentale kemiske kræfter. I 1812 beskrev han, hvordan alle legemer indeholder elektriske kræfter, men fordi de er i balance, bemærker vi dem ikke [2, s. 347].

Når Ørsted skulle forklare det, vi i dag kalder elektrisk strøm i en leder, brugte han sin forestilling om, hvad han kaldte en "elektrisk Vexelkamp," dvs. en konflikt mellem de modsatte elektriske kræfter, der til stadighed forsøger at komme i ligevægt. Han forestillede sig, at den elektriske strøm foregår som en form for polær forstyrrelse af kræfterne gennem lederen. Som han selv beskrev det, anså han "ikke overførsel af elektricitet gennem en leder som en jævn strøm, men som en rækkefølge af afbrydelser og genoprettelser af ligevægt på en sådan måde, at de elektriske kræfter i strømmen ikke var i rolig ligevægt, men i en tilstand af stadig vekselkamp" [3, bind II, s. 357]. Med vores skelnen i dag mellem jævnstrøm og vekselstrøm in mente, kan det virke forvirrende, når Ørsted forklarer en jævn strøm med en vekselkamp. Men vi skal huske

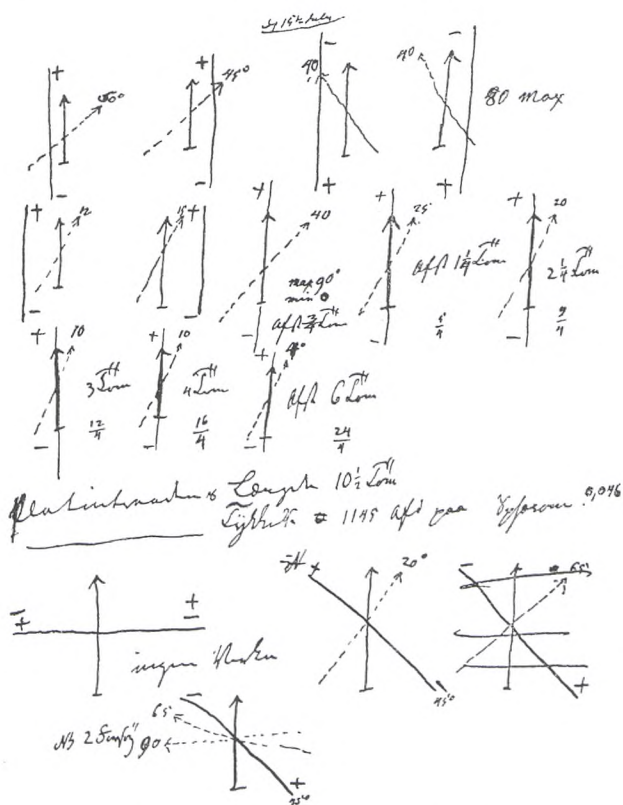
på, at Ørsted afviste at forklare strøm som en form for partikler, der bevæger sig. Han forestillede sig som sagt i stedet en vekselvirkning mellem modsatrettede kræfter, der stræber efter at skabe en balance.

Effekten af den elektriske strøm afhang ifølge Ørsted af både den elektriske styrke, dvs. intensiteten af de ophobede kræfter, f.eks. på to forskellige metaller anbragt i kontakt med hinanden – som han også benævnte spændingen – og mængden af elektriciteten, som vi måske lidt anakronistisk kan oversætte med elektrisk strøm [2, s. 349].

I overensstemmelse med sit naturfilosofiske forskningsprogram, fremsatte Ørsted allerede i 1812 den hypotese, at der måtte være en virkning fra elektriciteten på en magnet. At det tog ham otte år, før han observerede effekten, kan undre retrospektivt, men det skyldtes formentlig flere årsager. Som professor havde han travlt med at undervise og skrive lærebøger i kemi og mekanik, så sandsynligvis var det svært at finde sammenhængende tid til at foretage en større undersøgelse. Forstyrrelser af magnetnåle ved lynnedslag under tordenvejr var et velkendt fænomen. Ørsted troede derfor i lang tid, at der skulle store elektriske udladninger til for at skabe effekten. Han forestillede sig derfor, at hvis der skulle vise sig en effekt fra et kemisk batteri, skulle dens poler forbindes med en leder, hvori den elektriske konflikt var så stor, at lederen blev glødende. Vi kan med nutidens sprogbrug oversætte det til en leder, der var tynd og dermed havde høj elektrisk modstand. Hvis den elektriske effekt blev skabt af en form for radial udstråling fra lederen, som en glødende ledning antyder, har Ørsted sandsynligvis forestillet sig, at en nål ville blive enten tiltrukket af eller frastødt fra lederen, men den opstilling viste ingen effekt. En anden hypotese var, at den magnetiske effekt ville være parallel med den elektriske leder, men det gav heller ingen effekt [4]. Alligevel kan det virke underligt, at han aldrig skulle have afprøvet en opstilling med leder og nål over hinanden før i 1820. Første gang han lavede denne opstilling og dermed opdagede den elektromagnetiske effekt, fandt sted midt under en fore-

læsning om elektricitet og magnetisme i vinteren 1820. Apparaturet var gjort klart, men han havde ikke lige fået det afprøvet inden forelæsningen. Således gik det til, at han første gang demonstrerede virkningen omgivet af sine studerende. Virkningen var dog lille og forvirrende, netop fordi han brugte en tynd platintråd og et mindre batteri, men Ørsted havde noteret sig effekten. Først tre måneder senere fik han dog tid til at udforske sin opdagelse nærmere, hvilket også efterfølgende faktisk undrede ham selv.

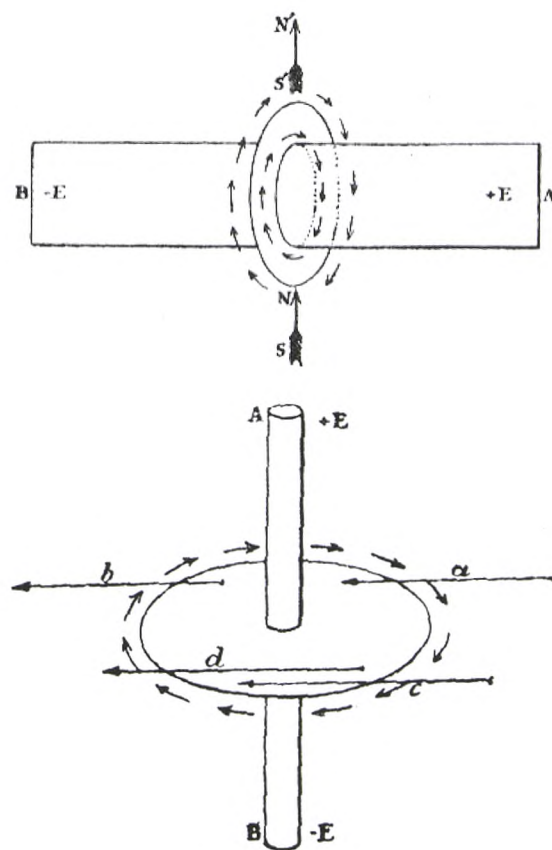
Ørsted var en kompetent og omhyggelig eksperimentalfysiker. Som det antydes af hans senere publicerede optegnelser på figur 1, foretog Ørsted en lang række systematiske forsøg, der skulle udforske effekten fra den elektriske leder på magnetnålen. Magnetnål og leder blev placeret i varierende afstand og over og under hinanden. Han undersøgte også, om effekten kunne skærmes ved at indsætte forskellige materialer mellem nålen og lederen. Faktisk undersøgte Ørsted også effekten af en lille strømløkke på en magnet, og snart lavede han også det inverse forsøg, dvs. undersøgte magnetens virkning på et bevægeligt galvanisk apparat [5].



Figur 1. Et ark fra Ørsteds noter fra de første undersøgelser af den elektromagnetiske effekt [3, bind I, s. LXXXII].

Ørsteds forsøg viste ham, at den såkaldte "Vexelkamp" mellem de modsatte elektriske kræfter ikke var begrænset til at foregå i lederen, men også udbredte sig i rummet uden for lederen [3, bind III, s. 292-293]. Efter en lang række forsøg, nåede Ørsted frem til en beskrivelse af, hvordan den elektromagnetiske kraft (den "elektriske Vexelkamp") måtte rotere om den strømbærende leder og dermed dannede en spiralformet symmetri om denne. En sådan cirkulær kraft var fuldstændig uventet og syntes uforklarlig, men han formulerede nogle regler, der er ækvivalente med

højrehandsreglen, som vi i dag finder i lærebøger om elektromagnetismen.



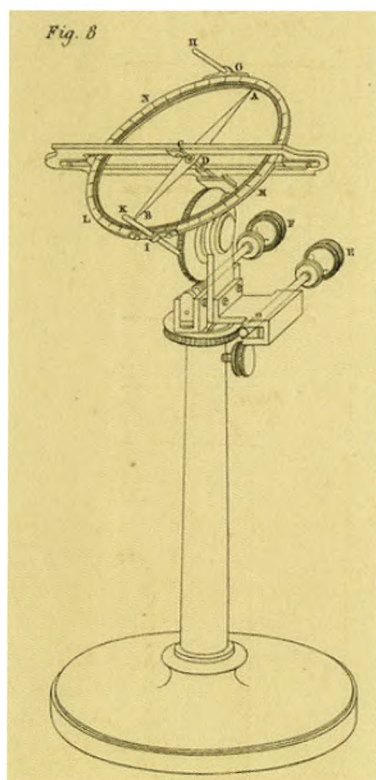
Figur 2. Illustrationer af den elektromagnetiske krafts roterende effekt omkring den strømbærende ledning. På billederne er BA den strømførende leder, hvori retningen af strømmen er AB. Der er placeret magnetnåle i nærheden af lederen betegnet med SN, S'N', og a,b,c,d [3, bind II, s. 361-362].

Opdagelsen af elektromagnetismen var en kæmpe triumf for Ørsted. Det var kulminationen på det årelange naturfilosofiske forskningsprogram, han havde påbegyndt sammen med sin ven Johann Wilhelm Ritter i 1802. Hvad ånden lover, det holder naturen, skrev Ørsted senere. Ørsted var med det samme klar over, at det skulle gå stærkt med publiceringen af opdagelsen, før en anden forsker ved et tilfælde faldt over sammenhængen. Han ilede derfor med at udsende sin første lille pamflet om opdagelsen på en lidt utraditionel vis; pamfletten var skrevet på latin og var uden tegninger af forsøgene. Den var trykt privat, og han sendte den med kurér til sine kolleger rundt om i Europa. Opdagelsen skabte med det samme en kæmpe sensation i forskerverdenen. Med ét slag blev Ørsted verdensberømt, og hans navn blev uødeliggjort. Ørsted var i 1820 43 år, og det år blev hans lykkeligste i hans videnskabelige liv, som han senere skrev [6].

At der skulle være en direkte forbindelse mellem elektriciteten og magnetismen, var mærkeligt nok, set retrospektivt, en fremmed tanke blandt de ledende fysikere i Paris, som var datidens vigtigste, videnskabelige centrum. Godt nok søgte man i Paris også efter en form for enhedsteori for alle fysiske fænomener. Men den laplacienske fysik, som det franske forskningsprogram

er blevet kaldt efter dens ledende skikkelse Pierre-Simon Laplace, fokuserede ikke på at finde forbindelser mellem de forskellige fænomener. For de forskellige fænomener, som f.eks. elektricitet og magnetisme, blev anset for at have fuldstændig forskellige årsager. I stedet arbejdede man i Paris, og indtil da med stor succes, på at reducere beskrivelsen af alle fysiske fænomener til den samme matematiske model baseret på fjernvirkende centralkræfter mellem partikler ud fra en analogi til Newtons massetiltrækning [7].

Nyheden om virkningen af den elektriske strøm på en magnet blev mødt med stor skepsis i Paris, som dog hurtigt blev gjort til skamme, så snart forskerne gentog Ørstedes forsøg. Da måtte også de undre sig over, hvorfor ingen før havde lavet et lignende forsøg. Som Ampère skrev til en ven: "De har ganske ret i at sige, at det er ubegribeligt, at der igennem tyve år ikke var nogen der afprøvede Voltasøjles virkning på en magnet. Jeg tror imidlertid, at jeg kan angive en grund til dette; den ligger i Coulombs hypotese om den magnetiske virknings natur; denne hypotese blev troet som om den var en kendsgerning, og den afviste enhver idé om en virkning mellem elektricitet og magnetisme. Denne hindring var så stærk, at da hr. Arago talte om disse nye fænomener i Akademiet, blev de afvist ... Alle mente, at de var umulige" [5, s. 75-76].



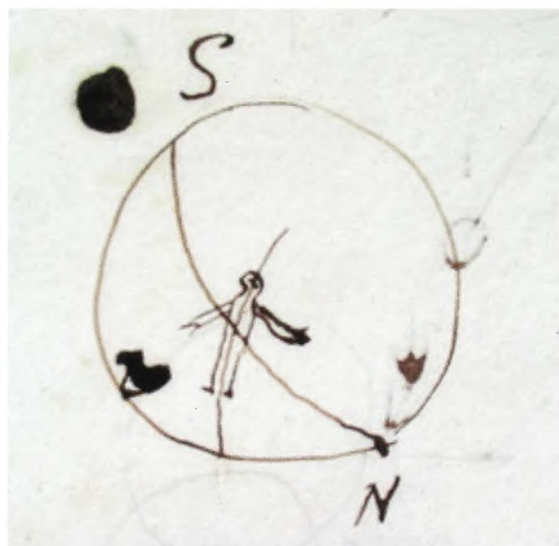
Figur 3. Ampères astatiske nål [8].

Ampère

Ampère var en 45-årig matematikprofessor, der ligesom Ørsted havde filosofiske tilbøjeligheder og en interesse for kemi. Han havde ikke tidligere gjort sig bemærket inden for fysik. I sommeren 1820, mens undervisningen på École Polytechnique var sat på pause, kastede han sig imidlertid med stor iver ind i den eksperimentelle

undersøgelse af den elektromagnetiske effekt, som den var beskrevet af Ørsted. Den første fase i Ampères forsøgsrække var, ligesom Ørstedes, rent udforskende, dvs. det var forsøg, der ikke var styret af teoretiske forskrifter, men af generelle metodologiske retningslinjer såsom variabelkontrol. Ørstedes eksperimenter var relativt lette at reproducere, men svære at forstå. Magnetnålens tendens til at svinge ud i en vinkel i forhold til ledningen var i direkte modstrid med det centrale dogme i den laplacianske fysik om centralkræfter, der kun afhang af afstanden. Så meget desto mere underligt var det, at nålen svingede ud til den modsatte side, når den var placeret under lederen i modsætning til, når den var placeret over ledningen. Ørsted havde formuleret det sådan, at man skulle forstå den "electriske Vexelkamp" som noget, der udbredte sig i cirkler rundt om lederen, men idéen om en cirkulær virkning var meget fremmed for Ampère (og de fleste andre).

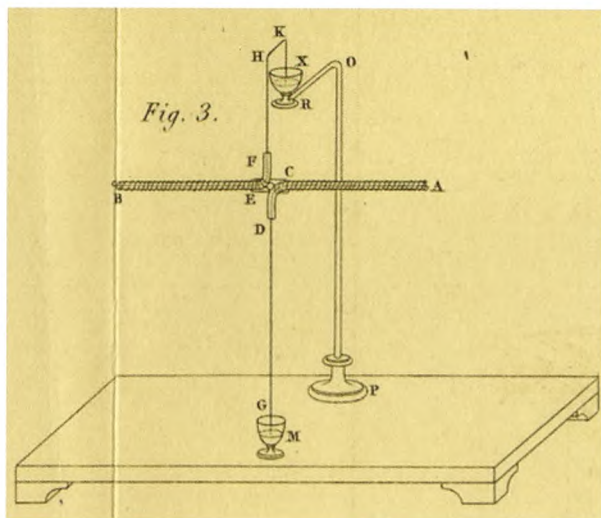
Ørsted havde undersøgt effekten fra lederen på magnetnålen uden at adskille denne virkning fra jordmagnetismens virkning på magnetnålen. For at separere de to magnetiske virkninger, konstruerede Ampère som den første en såkaldt astatisk nål, der sørgede for, at magnetnålens rotationsakse var parallel med inklinationen.



Figur 4. Ampères skitse af gigantiske strømme i Jordens indre. Man skal forestille sig Ampères iagttagere liggende på ryggen med et kompas over sig. Hans venstre arm peger i kompasnålens retning mod Jordens magnetiske nordpol. Ifølge Ampère ville strømmen rundt langs ækvator løbe i retningen fra øst til vest, altså fra mandens fødder til hans hoved, delvist skitseret [8].

Ampère gentog efterfølgende Ørstedes forsøg med at variere den relative position af leder og nål og ved at ændre på styrken og polariteten af batteriet. Ved et tilfælde opdagede Ampère, at ikke bare lederen, men også batteriet var magnetisk aktivt. Den virkning havde Ørsted ikke beskrevet i sin pamflet. Det ledte Ampère til en forståelse af strøm som noget, der udbredte sig både gennem batteriet og lederen i en kontinuert lukket kreds. Idéen om et lukket elektrisk kredsløb, der involverer både leder og batteri, er så velkendt og selvindlysende for os i dag. Det er tankevækkende, at det først blev formuleret af Ampère. Fordi den magnetiske virkning fra batteriet og fra lederen var hinan-

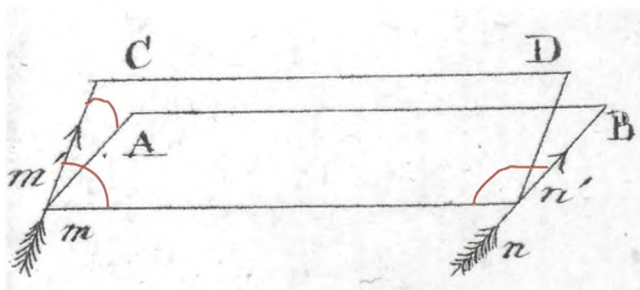
Den idé ledte ham omvendt til den langt mere vovede hypotese – der skulle gøre ham verdensberømt – at al magnetisme kan spores tilbage til elektriske strømme i magnetens indre. Mens der var god ræson i, at der kunne opstå elektriske strømme i Jordens heterogene indre, gav det umiddelbart ingen mening, at der skulle opstå elektriske strømme i homogene metalliske magneter. Men Ampère var nu blevet ansporet til at gøre alt, hvad der stod i hans magt for at understøtte sin hypotese, i hvert fald indirekte; han ville efterabe magneter ved hjælp af arrangementer, der kun involverede elektriske strømme og på den måde opnå empirisk støtte for sin hypotese. Hans idé var, at hvis der var elektriske strømme inden i magneten, måtte det omvendt betyde, at elektriske strømme skulle opføre sig som magneter.



Fra da af gik Ampères forskning ind i en ny fase. Hans eksperimenter blev nu til lykkede testforsøg, der var stramt styret af hans hypotese [7, s. 12-13]. Ampère udtænkte og fik udviklet spidsfindige apparater, der skulle demonstrere de magnetiske egenskaber af elektriske strømme. Ét apparat skulle demonstrere, at en spiralformet leder ville virke som en stangmagnet (figur 5).

Ligesom Ørsted, publicerede Ampère hurtigt og løbende sine opdagelser og næsten på ugebasis orienterede han sine kolleger i Académie des Sciences. På blot et halvt år lagde han grundstenen til den teori, som han kaldte elektrodynamikken. Navnet understreger hans idé om, at magnetiske og elektromagnetiske virkninger

kan beskrives som vekselvirkninger mellem elektriske strømme.



Figur 7. Illustration af to vekselvirkende, infinitesimale strømelementer mm' og nn' med vilkårlig retning i rummet. Pilene antyder strømretningen. Undertegnede har indtegnet de tre vinkler med rødt [10].

Ørsted versus Ampère

Ørsteds kraftlære egnede sig ikke til at blive sat på matematisk form, og Ørsted var heller ikke nogen god matematiker. Det spillede naturligvis en rolle for hans videnskabelige metode og hans syn på brugen af matematiske beskrivelser i fysikken. Han brød sig ikke synderligt om matematiseringen af fysikken, som han så den komme til udfoldelse blandt de franske fysikere. Det var der flere årsager til. Men først og fremmest kunne et matematisk udgangspunkt ifølge Ørsted lede til de forkerte anskuelser af de fysiske fænomener. Derfor skulle man også være påpasselig med at bruge den matematiske beskrivelse i fysikundervisningen [11]. På grund af Ørsteds med tiden magtfulde position i videnskabens og kulturens København, kom dette synspunkt beklageligvis til at påvirke fysikundervisningen på Københavns Universitet i mange år frem [12].

På sin triumftur rundt i Europa i 1822-1823, besøgte Ørsted Ampère af flere omgange for at se hans eksperimentelle demonstrationer og diskutere teorien om elektromagnetismen med ham. Apparaterne ville imidlertid ikke som Ampère ville, og Ørsted var ikke imponeret over Ampères evner ud i eksperimentalfysikken. Ørsted fik også det indtryk, at Ampère manglede oratoriske evner i deres videnskabelige diskussion, som han skrev til sin bror [13]. Ampère blev omvendt irriteret på Ørsted over, at han ikke lod sig overbevise om hans kraftlovs fortrin fremfor Ørsteds teori. Men Ørsted fastholdt sin kritik af Ampères teori både af fysiske grunde og ud fra erkendelsesteoretiske betragtninger. Ørsted mente, at magnetismen skulle tilskrives en egen ontologisk status, fordi den magnetiske og den elektriske virkning var så forskellige. For eksempel udbredte den magnetiske virkning sig uhindret gennem glas, mens elektrisk ledning ikke kan forekomme i glas. Ørsted fastholdt også, at hans teori i modsætning til Ampères gav en umiddelbar, direkte og intuitiv forståelse af den elektromagnetiske effekt og derfor var langt mere anskuelig og hensigtsmæssig i formen. Han kritiserede således (og med rette) Ampères teori for, at den ikke anskueliggjorde rotationssymmetrien i elektromagnetismen. Ifølge Ørsted satte hans kvalitative kraftteori ånden fri, dvs. naturforskeren blev i stand til at forestille sig det pågældende fænomen "i Aanden," som han udtrykte det. Det var med andre ord lettere at visualisere

fænomenet med Ørsteds forklaring end med Ampères, ifølge Ørsted. Ørsted kendte ikke til den tankeproces, der lå forud for Ampères teori om at reducere magnetisme til elektriske strømme, og sandsynligvis ville det heller ikke have gjort nogen forskel for Ørsteds opfattelse af Ampères teori. Ifølge Ørsted var Ampères teori om strømme i magneten et godt eksempel på, at naturforskeren, når han tog udgangspunkt i de matematiske formler, kunne blive fastlåst i ånden og ledt til et "forkert" billede af fænomenerne [11]. Den på forhånd fastlagte matematiske ramme, som dikterede Ampères forsøg, kunne derudover forhindre forskeren i at opdage andre sider af fænomenet, en kritik som Ørsted ikke var ene om at fremsætte. Ampère var på sin side af den overbevisning, at hans kraftlov altid ville stå tilbage som en kendsgerning, uafhængigt af hvilke fysiske anskuelser af elektromagnetismen man måtte have. Den profeti viste sig at gå i opfyldelse, for Ampères formel blev en essentiel grundsten til alle senere elektrodynamiske teorier [7]. Ampères matematiske teori og syn på magnetismen som skabt af små strømløkker i magneten er genkendelig i den elektrodynamik, der undervises i i dag. Lidt forsimplet kan man sige, at Ørsteds opfattelse af elektromagnetismen som et rotationsfænomen blev videreudviklet af Michael Faraday til den feltteori, der senere blev matematiseret af James Clerk Maxwell.

Litteratur

- [1] H. C. Ørsted, Kraftlæren, i A. S. Jacobsen, A. D. Jackson, K. Jøved og H. Kragh (red.) (2003) Ørsted's Theory of Force. An unpublished textbook in dynamical chemistry, Historisk-filosofiske Meddelelser, Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, København.
- [2] H. C. Ørsted (1812) View of the Chemical Laws of Nature Obtained Through Recent Discoveries, i K. Jøved, A. D. Jackson og O. Knudsen (red.) (1998) Selected Scientific Works of Hans Christian Ørsted, Princeton University Press, Princeton, s. 347.
- [3] K. Meyer (red.) (1920) H. C. Ørsted Naturvidenskabelige Skrifter, bind I-III, Andr. Fred. Høst & Søn, København.
- [4] R. de Andrade Martins, "Resistance to the Discovery of Electromagnetism: Ørsted and Symmetry of the Magnetic Field."
- [5] O. Knudsen (1987) "Fysikeren", i F. J. Billeskov Jansen, E. Snorrason og C. Lauritz-Jensen (red.), Hans Christian Ørsted, IFV-energi I/S (Isefjordværket), s. 55-84.
- [6] A. S. Jacobsen og S. Larsen (2002) H. C. Ørsteds Selvbiografi, Steno Museets Venner.
- [7] O. Darrigol (2000) Electrodynamics from Ampère to Einstein, Oxford University Press, Oxford.
- [8] C. Blondel og B. Wolff (September 1820-January 1821) Ampère lays the foundations of electrodynamics.
- [9] F. Steinle (2016) Exploratory Experiments: Ampère, Faraday, and the Origins of Electrodynamics, University of Pittsburgh Press.
- [10] A.-M. Ampère og J. Babinet, (1822) Darstellung der neuen Entdeckungen über die Electricität und den Magnetismus von Oerstedt, Arago, Ampère, H. Davy, Biot, Erman, Schweigger, de la Rive u.s.w., Leopold Voss, Leipzig, Tabel I.

- [11] K. H. Lynning og A. S. Jacobsen (2011) "Grasping the spirit in nature: Anschauung in Ørsted's epistemology of science and beauty," *Studies in the History and Philosophy of Science*, bind 42, s. 45-57.
- [12] O. Pedersen (1988) "Newton versus Ørsted: The delayed introduction of Newtonian physics into Denmark," i G. V. Coyne, S. J. M. Heller & J. Życiński (red.), *Newton and the New Direction in Science, Proceedings of the Cracow Conference, May 25–28, 1987 Specola Vaticana*, s. 135–151.
- [13] D. Ch. Christensen (2009) *Naturens tankelæser: En biografi om Hans Christian Ørsted*, Museum Tusculanums Forlag, København, bind 2, s. 672-680.



Anja Skaar Jacobsen er ph.d. og dr.scient. i videnskabs-historie og arbejder som fysik- og kemilærer på Københavns VUC. Hun er p.t. også tilknyttet Niels Bohr Arkivet i forbindelse med det internationale forskningsprojekt: History of Interpretations of Quantum Mechanics.

Nobelprisen i fysik 2019

Christine Pepke Gunnarsson, Kvant



Nobelprisen blev i år delt mellem James Peebles (tv.) fra Princeton University for hans forskning i den kosmiske mikrobølgebaggrundsstråling og teamet Michel Mayor fra Université de Genève og Didier Queloz (th.) fra Université de Genève og Cambridge University, UK, for deres opdagelse af den første exoplanet. Begrundelsen var, at deres opdagelser har ændret vores verdensopfattelse for evigt.

Peebles er en teoretisk astrofysiker som forsker i kosmologi og særligt i universets udvikling lige efter Big Bang. Peebles' beregninger forudså, at der ville eksistere en baggrundsstråling fra det tidlige univers, og i 1965 anslog han temperaturen til 10 K (hvilket dog var lidt for højt). Denne stråling, kendt som mikrobølgebaggrundsstrålingen, var tilbage efter Big Bang, da temperaturen var faldet så meget, at der kunne dannes atomer, og fotonerne kunne bevæge sig frit gennem rummet uden at blive spredt ved kollision med elektroner. Det er de fotoner, der nu udgør baggrundsstrålingen, men da universet har udvidet sig siden Big Bang, er deres bølgelængde i dag kun få mm (dvs. mikrobølger), og deres temperatur er faldet til 2,725 K. Mikrobølgebaggrundsstrålingen blev målt første gang i 1964 ved et tilfælde af de to astronomer Arno Penzias og Robert Wilson (der i øvrigt fik Nobelprisen i 1978 for netop denne måling). Penzias og Wilson kunne ikke komme af med en konstant støj, som deres antenne målte, lige meget hvorhen de kiggede i rummet. De fandt forklaringen i Peebles' beregninger, som netop forudså en universal baggrundsstråling. Opdagelsen af baggrundsstrålingen var epokegørende, da strålingen gav information om, hvor gammelt universet er, hvad universets skæbne er og hvor meget stof og energi, der blev skabt i Big Bang. Peebles fandt i baggrundsstrålingen et estimat for mængden af stof i universet, og han viste, at det stof, vi kender som stjerner og planeter, kun udgør 5%, mens de andre 95% består af mørkt stof og mørk energi,

som begge stadig er et mysterium for forskerne. Peebles foreslog netop at bruge Einsteins forkastede kosmologiske konstant til at beskrive mørk energi, og det viste sig, at det kunne løse ligningerne. Mikrobølgebaggrundsstrålingen er ikke jævn, men har små temperaturfluktuationer på omkring 10^{-5} . Det er fluktuationerne, der fortæller om fordelingen af stof og energi i universet. Fluktuationerne er i dag målt meget præcist med satellitterne COBE, WMAP og Planck og passer på et univers med 5% stof, 27% mørkt stof og 68% mørk energi, (næsten) ligesom Peebles udregnede.

Astronomerne Mayor og Queloz var de første til at opdage en exoplanet i kredsløb om en soltilsvarende stjerne i Mælkevejen. Teamet havde arbejdet på at forbedre deres teleskop, så de kunne observere lyssvage stjerner, og i 1995 opdagede de en gasplanet (51 Pegasus b) af samme størrelse som Jupiter i kredsløb om en stjerne 50 lysår fra Solen. Ved brug af Dopplereffekten beviste de, at det var en planet, og at bevægelsen passede med et kredsløb på kun 4 dage. Det var en stor overraskelse, at omløbstiden var så lille, for det betød, at planeten var meget tæt på stjernen. 51 Pegasus b er kun 8 millioner km fra stjernen, som opvarmer planeten til mere end 1000°C . I 1995 troede man, at planeter i samme størrelse som 51 Pegasus b ville være blevet dannet langt fra deres stjerne, og derfor være længere tid om at fuldføre et kredsløb. Derfor var opdagelsen af den store gasplanet i et kredsløb tæt på stjernen banebrydende for forskerne, som havde kigget de forkerte steder efter exoplaneter. Det er svært at måle exoplaneter, da de ikke selv lyser, og kun kan observeres indirekte ved deres effekt på den stjerne, de kredser om. Den metode, Mayor og Queloz brugte, kaldes radial hastighedsteknik. Exoplanetens tyngdekraft påvirker stjernen til at bevæge sig lidt, så de begge kredser om deres fælles tyngdepunkt. Set fra Jorden ser det ud som om, at stjernen bevæger sig lidt frem og tilbage. Den radiale hastighed af bevægelsen kan astronomerne måle fra stjernens spektrum, da lyset, som stjernen udsender, vil blive blå-/rød-forskudt, når stjernen bevæger sig mod os/væk fra os (Dopplereffekten). En anden metode til at måle exoplaneter på er ved at se på faldet i intensiteten af stjernens lys, når planeten bevæger sig ind foran den, men det kræver, at planeten bevæger sig i en synslinje, der er synlig fra Jorden. Forskerne troede i 1995, at planeter, der var tunge nok til at generere et måleligt frekvensskift i stjernens spektrum, ville have så lange kredsløbstider, at det ville tage år at detektere stjernens bevægelser som følge af planetens tyngdekraft. I starten var der da heller ikke mange, der troede på deres opdagelse, netop fordi 51 Pegasus b var så tæt på stjernen. Mayor og Queloz' opdagelse gjorde, at de eksisterende teorier om exoplaneter og planetdannelse måtte skrives om. Opdagelsen revolutionerede astronomien, og det væltede frem med nye verdener i mange forskellige størrelser og kredsløb.

Kilde: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2019/press-release/> & <https://phys.org/news/2019-10-nobel-prize-physics-awarded-scientists.html>

Ørsteds præsentation af Ritters arbejde i Paris

Kenneth L. Caneva

Ørsted er mest kendt for sin opdagelse af elektromagnetismen i 1820, men Ørsted spillede også en vigtig rolle i at præsentere Ritters eksperimenter med den kemiske virkning af lys og hans konstruktion af en ladningssøjle til galvanisk elektricitet for de franske fysikere i Paris [1].

I slutningen af 1790'erne kastede Johann Wilhelm Ritter sig ivrigt ud i eksperimenter baseret på andres elektriske, galvanistiske og spektrale opdagelser, hvilket ret hurtigt førte til et antal spændende nye opdagelser, som han selv kunne lægge navn til. Nogle af eksperimenterne, såsom eksistensen af kemisk aktive ("deoxiderende") stråler, som lå uden for den violette ende af spektret, lod sig let bekræfte (omend de blev anderledes fortolket); andre, såsom eksistensen af Jordens elektriske poler, blev ikke bekræftet og dermed ikke accepteret. Ritter udgav sine resultater i en overflod af værker på tysk og i et sprog fyldt med mange af de centrale metaforer, der stammede fra den tids farverige *Naturphilosophie* – dualisme, polariteter, parallelismer, dynamiske processer, "indifferensen" af neutraliserede, modsatrettede kræfter og analogier imellem fænomener tilhørende et hierarki af dimensioner [2].

Ørsted var imponeret over Ritters tidligste opdagelser og opsøgte ham i august 1801, da han var på gennemrejse i Tyskland, og igen – denne gang som ven – et år senere. Ørsted skrev i sine optegnelser, at Ritter har "lovet at sende mig sine vigtigste Opdagelser til Paris, og overdrage mig at meddeele dem de Lærde der, hvilket maa vorde mig selv særdeles nyttigt" [3]. Ørsted havde ikke alene stor tiltro til vigtigheden af Ritters arbejde, han var også bekymret for, at andre gjorde krav på hans opdagelser i deres eget navn, og derfor gjorde han det til en af sine primære opgaver at gøre videnskabsfolkene i Paris bekendt med vennens arbejde – de samme videnskabsfolk, som han vidste normalt ignorerede alt, hvad der blev udgivet på tysk, og hvis antispekulative tilbøjeligheder under alle omstændigheder ville have gjort Ritters skriverier uspiselige. Han gættede også – med rette – at han ved at blive Ritters talsperson i Paris ville få mulighed for at styrke sit eget ry.

Denne artikel ser nærmere på Ørsteds rolle i at præsentere sit parisiske publikum for Ritters eksperimenter med den kemiske virkning af lys, hans konstruktion af en ladningssøjle til galvanisk elektricitet, samt diverse andre elektriske og galvaniske observationer. Da ingen af Ritters artikler var oversat til fransk, var det først og fremmest via Ørsteds rapporter i parisiske tidsskrifter og hans rapporteringer på stedet, både direkte til de enkelte videnskabsmænd og foran de vigtigste videnskabelige samfund i Paris, at fransktalende videnskabsfolk blev gjort bekendt med Ritters arbejde. Samtidig var det også i høj grad via denne rapportering, at Ørsted etablerede et positivt ry for sig selv i Paris. Vejen til denne bedrift blev banet af, at de fleste vigtige lokale videnskabsfolk deltog i møder på Nationalinstituttet –

som det fordums Akademi hed dengang – og i *Société Philomatique*; begge steder, som Ørsted fik adgang til.

Tilskyndet af William Herschels opdagelse i år 1800 af varmeproducerende stråler uden for den røde ende af Solens spektrum og sin egen overbevisning om, at polariteter danner basis for naturens grundlæggende fænomener, undersøgte Ritter, om han også kunne påvise usynlige solstråler i den anden ende af spektret. Ritter navngav sin første rapport om sine opdagelser "Kemisk polaritet i lys" og var begejstret over disse nye beviser på den gennemgribende polaritet i alle naturens processer og for deres komplekse, men skematisk meningsfulde, indbyrdes forbindelser. Under sit andet besøg hos Ritter bemærkede Ørsted, at "hans Forsøg over Lyset, som ere saa uendelig vigtige have ikke fundet en eneste, som har forsøgt at eftergjøre dem" (s. 105).



Figur 1. Johann Wilhelm Ritter (1776–1810).

I Paris, fra starten af december 1802 til sidst i oktober 1803, skrev Ørsted fire eller fem måneder efter sin ankomst et notat, der blev udgivet i *Bulletin des Sciences fra Société Philomatique* med identifikationen "Notat kommunikeret af M. Vicktred, doktor ved Københavns Universitet" med titlen "Eksperimenter vedrørende de usynlige stråler i Solens spektrum." Ørsteds navn var endnu ikke kendt af hans parisiske kolleger, som fejllæste hans danske underskrift. Det var første

gang, at Ritters arbejde blev offentliggjort på fransk. Ørsted skræddersyede sin udlægning til de positivistiske tendenser, han forventede at møde hos de franske videnskabsmænd, og indledte derfor sit notat med det simple postulat, at "Disse forskningsprojekter udgør fortsættelsen til de projekter, i hvilke Herschell [*sic*] anerkendte eksistensen af varmeproducerende stråler uden for Solens spektrum." Han berettede om Ritters eksperimenter, hvor sølvklorid bliver farvet sort ved hjælp af stråler uden for den violette ende af spektret, og med lysningen af allerede let sortnet sølvklorid af de usynlige stråler uden for den røde ende af spektret. De to fænomener karakteriseredes hhv. som tegn på oxidering og deoxidering. Artiklens konklusion henviste til en analog polaritet: "De samme fysikere har fundet bemærkelsesværdige relationer imellem disse effekter og effekterne af metallisk elektricitet. Ifølge ham sker der det, når øjet i nogen tid er i kontakt med et batteris negative leder, at det ser alle objekter som røde, og når det er i kontakt med den positive leder, ser det alle objekter som blå, hvorved der synes at opstå en analogi imellem virkningerne af negativ elektricitet og rødt lys, og imellem positiv [elektricitet] og violet lys."



Figur 2. Voltasøjle bestående af en søjle af to gange ca. 60 kobber- og zinksiver adskilt af papskiver vædet med en saltopløsning, 1802. Herlufsholm Skole. Foto: D. Ch. Christensen.

I marts måned indsendte Ørsted et længere notat til *Société Philomatique*, som blev udgivet i slutningen af samme år i *Journal de Physique*, og som skulle vise sig at blive den mest omfattende fremstilling af dette arbejde, der nogensinde figurerede på fransk. Ritters opdagelse blev præsenteret som en direkte eksperimentel forlængelse af Herschells, men (igen) fortolket i forhold til kontrasten mellem oxidering i den røde ende og deoxidering i den violette ende af Solens spektrum. Igen nævnte et afsnit effekterne på øjets opfattelse af farver som følge af stimulering med positiv og negativ

elektricitet, og analogien blev yderligere uddybet med de to elektriciteters kemiske virkninger – omend i meget mindre omfang end det, Ritter skrev på tysk om disse forbindelser. Ørsted skrev i sine optegnelser, at hans rapport "over Ritters Forsøg med Lyset oplæstes, ikke uden Biefald" (s. 168).

I maj 1803 indleverede Ørsted en rapport til *Société Philomatique* vedrørende Ritters eksperimenter med den voltaiske (også kaldet galvaniske) søjle og derefter i juni én om hans opdagelser inden for magnetisme, som begge blev udgivet i *Journal de Physique* sidst på året [4]. Efter at have noteret i sin dagbog, at den første "vandt temmelig meget Biefald", tilføjede Ørsted, at "Da *séancen* var forbie bad Biot mig at skrive til Ritter at han dog jo för jo hellere maatte melde de Opdagelser, som han havde gjort i det sidste Aar, da det neppe kunne mangle at han jo maatte erholde Institutets Præmie (3000 Livres)" (s. 180). Rapporten beskrev, at hastigheden, hvormed en leydnérflaske oplades ved hjælp af en voltaisk søjle, afhænger af fugtigheden af det pap, der adskiller metalpladerne, eller sagt på en anden måde (som han formulerede det) af søjlens ledningsevne, brugen af statisk elektricitet til at reproducere søjlens kemiske virkning, antydende sammenhænge imellem de to polers modsatrettede kemiske virkninger, samt forskellige fysiologiske effekter af galvanisk elektricitet, hvorved han fremhævede modsatrettede og komplementerende virkninger. Selvom Ritter ikke fik tildelt prisen, var det faktum, at han overhovedet blev hørt i Paris, udelukkende et resultat af Ørsteds utrættelige mellemkomst på hans vegne.

Den anden artikel anvendte en variant af den skelnen, Ritter havde insisteret på, for virkningerne af ultraviolette og infrarøde stråler (for nu at bruge de moderne udtryk) og af den voltaiske søjle på magneter, hvad angår grader af oxyderbarhed, og rapporterede om andre komplekse eksperimenter af uklar signifikans. I et tillæg til artiklen om Ritters eksperimenter med lys, trykt i det samme nummer af *Journal de Physique*, rapporterede Ørsted Ritters påstand om, at han havde adskilt de kemisk aktive og farvede stråler ved hjælp af en række prizmer.

De fleste af disse rapporterede fænomener har tilsyneladende tiltrukket meget lidt opmærksomhed blandt de lærde franskmænd, for slet ikke at tale om, at fænomenerne blev koblet ved hjælp af analogier. Så selvom det spektrale *fænomen*, Ritter opdagede, hurtigt blev anerkendt som gyldigt, blev hans fortolkning af dets *betydning* med hensyn til et netværk af galvaniske, elektriske, kemiske, luminøse og fysiologiske fænomener fuldstændigt overhørt i Paris. De formuleringer, som blev brugt i fortolkningen af Ritters spektrale arbejde, blev hurtigt farvet af William Hyde Wollastons arbejde, der blev udgivet i en fransk oversættelse i *Annales de Chimie* i midten af 1803. Wollaston var ligesom Ritter inspireret af Herschells spektrale opdagelse og lændede sig op ad Carl Wilhelm Scheeles eksperimenter med sølvklorid, og han rapporterede i juni 1802, at "på den anden side [af Solens spektrum] har jeg egenhændigt observeret (og det samme har hr. Ritter bemærket), at der ligeledes findes usynlige stråler af en anden slags,

der er mere afbøjede end de violette. Eksistensen af disse kan udelukkende påvises via deres kemiske virkninger.” Her er der ingen kontrast imellem oxidering og deoxidering og ingen vidtrækkende analogier. I en senere artikel anførte Wollaston beviser, der gik imod Ritters fokus på kemisk polaritet, og identificerede i stedet den centrale skelnen som værende imellem kemisk og termisk aktive stråler uden for den violette og den røde ende af Solens spektrum. Dette synspunkt var bredt accepteret indtil 1840’erne.

Ørsted gjorde sig stor umage med at præsentere Ritters arbejde med hans ladningssøjle, en anordning, der i lighed med leydnerflaskens evne til at lagre gnidningselektricitet, kunne “oplades” af en voltaisk søjle og dermed selv blive en kilde til galvanisk elektricitet. Der foreligger beviser for, at det var Ørsted, der gav anordningen benævnelsen *Ladungssäule* – den *pile à charger* eller *pile secondaire* fra sine franske udgivelser – idet Ritter selv bare kaldte den “søjle A”. Ritter betragtede sit arbejde som værdigt til at sikre ham Instituttets galvanisme-pris, og i juni 1803 sendte han derfor Ørsted en lang, håndskreven redegørelse vedrørende den del af sit arbejde. I august præsenterede Ørsted den gennemgribende, bearbejdede franske oversættelse heraf for Nationalinstituttet, hvorefter han sørgede for, at den blev udgivet først i *Journal du Galvanisme* og derefter i det mere prestigefyldte *Journal de Physique*, begge gange under titlen “Eksperimenter med en anordning, der kan oplades med elektricitet ved hjælp af Voltas elektriske søjle”. Som en afspejling af den almindelige sprogbrug på den tid bar Ritters tyske artikel den ikke særligt oplysende titel “Eksperimenter og bemærkninger vedrørende galvanisme”.

Som han så ofte gjorde, når han rapporterede om andres arbejde, ændrede Ørsted diskret på det, han tilsyneladende rapporterede, selvom han grundlæggende forblev loyal over for Ritters idéer. Om Ørsteds franske oversættelse af hans artikel skrev Ritter til ham, at “du har forfransket den godt, og jeg har lært meget af den”. Ørsted selv rapporterede, at “Ritter siden erklærede, at han forstod [den] bedre end sin egen”. Særligt vigtigt var det faktum, at Ørsted havde større fokus på *anordningen*, end Ritter havde – ikke kun i artiklens titel, selvom det også var vigtigt her – mens Ritter var tilbøjelig til at redegøre for en lang række analoge fænomener. Ørsted undlod også alle de personlige og historiske kontekstualiseringer i Ritters artikel. En sådan dekontekstualisering er altid et vigtigt skridt i den objektive formulering af et universelt validt videnskabeligt fænomen, og det kræver generelt, at teksten gennemses af en række kommentatorer med henblik på at udskille disse epistemologisk overflødige detaljer. I samme ånd reducerede Ørsted kraftigt den overflod af forsøgsresultater, som Ritter rapporterede om, til fordel for en minimeret eksemplificering af de vigtigste fænomener, nu reduceret til eksplicitte love.

Hvor Ritter fx bombarderede læseren med en forvirrende mængde af detaljer fra en udvidet serie af eksperimenter med ti forskelligt konstruerede søjler, nøjedes Ørsted med en mere kompakt og mere klar opsummering af resultaterne med fokus på de umiddelbart

relevante detaljer, hvorved han nåede frem til en mere forståelig, lovliggende konklusion: “Den *maksimale* kemiske virkning ledsages af en meget svag fysiologisk virkning; den *maksimale* fysiologiske virkning ledsages ikke af nogen kemisk virkning.”



Figur 3. Jean-Baptiste Biot (1774–1862).

Omkring dette tidspunkt hørte Ørsted om Ritters angivelige opdagelse af Jordens elektriske poler, og han fjede rapporten herom til artiklen om ladningssøjlen. Hen over en periode på ti dage i slutningen af august fremlagde Ørsted Ritters eksperimenter for Biot og Instituttets galvaniske kommission – der havde til opgave at vurdere alt arbejde i konkurrencen om årets galvanisme-pris – og brugte derefter ni dage i september på et samarbejde med Biot og Charles-Augustin Coulomb om endnu en serie af eksperimenter, der skulle efterprøve Ritters påstand om Jordens elektriske poler, som Ørsted betragtede som Ritters vigtigste opdagelse. Desværre kunne kommissionen, hvis rapport Biot læste op på Instituttet i oktober, ikke bekræfte den påstand, selvom den dog underbyggede validiteten af Ritters ladningssøjle, identificeret som den anordning, “som Ritter kalder *pile secondaire*”, og dermed anvendte et udtryk introduceret af Ørsted, som Biot og andre benyttede som den uproblematiske standard [5]. Rapporten redegjorde også for Ritters eksperimenter med forskellige fysiologiske effekter af galvanisk elektricitet – uden hverken at be- eller afkræfte dem – og visse af dens kemiske effekter. Alt i alt var 42% af rapportens ca. 5.400 ord dedikeret til Ritters arbejde som rapporteret af Ørsted og gentaget (hvor dette var muligt) af kommissionen. Den vigtighed, Ørsted tilskrev Ritters opdagelser, og den generelt positive modtagelse af hans arbejde i Paris gav Ørsted grund til at tro, at “Det er temmelig sikkert at Ritter erholder den galvaniske Priis af 3000 Frank, og maaskee reserverer man ham endnu den store paa 60000” (s. 203). Han modtog ingen af dem.

En kommentator har hævdet, at “Fraværet af bevis for eksperimentet med de galvaniske poler overskyggede den succesfulde demonstration af ladningssøjlen

og ødelagde hele ekspeditionen [dvs. Ørstedes ophold i Paris] ... Ydmygelsen af ekspeditionen var komplet, idet den ondsindede sladder lynhurtigt fandt vej til København" [6]. Men kommentatoren fremlagde ingen beviser til underbygning af disse påstande, og jeg har ikke kendskab til nogen beviser på, at Ørstedes kolleger i Paris, som han for rigtig manges vedkommende ofte havde samarbejdet tæt med, blev efterladt med et voldsomt negativt indtryk af deres unge danske kollega. Trods alt *virkede* ladningssøjlen som tilkendegivet, Ritter *havde* haft held med at identificere kemisk aktive stråler uden for den violette ende af Solens spektrum, og Ørsted viderebragte bare en andens påstand om Jordens elektriske poler – en påstand, som Instituttets galvaniske kommission tog seriøst, og som de afstod fra at betegne som falsk, men blot erklærede som ikke bevist.

Biots rapport nævnte, at kommissionen var blevet gjort bekendt med Ritters arbejde gennem "M. Ørsted, hans ven, som selv har udmærket sig ved mange undersøgelser vedrørende galvanisme." Selvom rapporten ikke blev offentliggjort dengang, har Ørsted formodentligt hørt den blive læst op ved et møde på Instituttet, idet han i et brev til sin velgører skrev, at "I Biots Rapport, i Nationalinstituttet over Galvanismus, er jeg ligeledes blevet nævnt med Berømmelse, uden at det dog har noget egentligt at betyde" (s. 209). Det er muligt, det ikke gjorde det, men ikke desto mindre vidner det om det positive indtryk, han havde gjort på adskillige af sine kolleger i Paris. Sideløbende med Biot havde han betydelig kontakt med især Louis-Jacques Thenard, Charles-Bernard Desormes og Louis-Bernard Guyton de Morveau.

I den artikel, i hvilken Ørsted introducerede de franske læsere for Ritters ladningssøjle, tilføjede han referencer til arbejde udført af flere af sine kolleger i Paris, som han for nylig havde mødt. Ørstedes konklusion vedrørende udsigten til den praktisk talt ubegrænsede øgning af mængden af elektricitet i store *piles secondaires* – som ikke var nævnt i Ritters originale tekst – refererede således til understøttende eksperimenter foretaget af Thenard, Antoine-François de Fourcroy og Louis-Nicolas Vauquelin. Og han byggede sin gennemarbejdning af Ritters karakteristik af de grundlæggende fænomener i den elektriske videnskab på en analog skelnen, som Biot havde foretaget året før (i den rapport, der annoncerede Napoleons galvanisme-pris) vedrørende elektricitetens historie, der gik på, hvorvidt elektricitet genereres af friktion eller ved kontakt med forskellige ledere. Ved at forbinde sin vens arbejde med de franske fysikere håbede han måske på at gøre den mere acceptabel ved at smigre de folk, hvis navne han nævnte. Da hans egne resultater på det tidspunkt højst kunne betegnes som beskedne, blev Ørstedes engagerede præsentation af Ritters arbejde den måde, hvorpå han indledningsvis sikrede sig et positivt ry blandt en række af de førende videnskabsfolk i Paris.

Litteratur

- [1] Denne artikel er baseret på forfatterens "Ørsted's Presentation of Others' – and His Own – Work" i R. M. Brain, R. S. Cohen og O. Knudsen (red.), "Hans Christian Ørsted and the Romantic Legacy in Science: Ideas, Disciplines, Practices" (Dordrecht: Springer, 2007), s. 273–338. Den omfatter referencer til de primære kilder, der er anført her.
- [2] En mere deltaljeret gennemgang af værket *Naturphilosophie* og dets relevans for Ritters og Ørstedes arbejde findes i forfatterens "Physics and Naturphilosophie: A Reconnaissance", *History of Science*, bind 35, 1997, s. 35–106.
- [3] K. Jelved og A. D. Jackson (red.) *H. C. Ørstedes rejsebreve*, (København: Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, 2011), s. 100. Alle følgende sidereferencer i parentes er til dette værk.
- [4] Biot udarbejdede et kort resumé af den første artikel, og det blev udgivet som "Suite des expériences de M. Ritter, de Jena, sur les phénomènes galvaniques. (Communiqué par M. Ørsted, docteur à l'université de Copenhague.)" i *Bulletin des Sciences, par la Société Philomatique*, nr. 77 (Thermidor, an 11 [= juli/aug. 1803]), s. 128–129 (2. paginering).
- [5] Selvom kommissionens rapport ikke blev udgivet på den tid, udgav Biot en ret stor del af den omhandlende *pile secondaire* under overskriften "Extrait d'un mémoire sur le galvanisme, envoyé par M. Ritter, de Jena, à l'institut national" i *Bulletin des Sciences, par la Société Philomatique*, nr. 79 (Vendémiaire, an 12 [= sept./okt. 1803]), s. 145–147 (2. paginering). Det er umuligt at sige, hvor meget af teksten der stammer fra Biot, og hvor meget der stammer fra Ritter via Ørstedes franske oversættelse af hans rapport.
- [6] D. Ch. Christensen, "The Ørsted-Ritter Partnership and the Birth of Romantic Natural Philosophy", *Annals of Science*, bind 52, 1995, s. 153–185, på s. 165. Formodentligt i tråd med Ritters sprogbrug talte Ørsted og derefter Biot om Jordens elektriske, ikke galvaniske, poler.



Kenneth L. Caneva er videnskabshistoriker med speciale i det 19. århundredes fysik. Han gik på pension i 2010 fra University of North Carolina i Greensboro. Han håber at finde en udgiver til sin bog "*Helmholtz and the Conservation of Energy: Contexts of Creation and Reception*".

H. C. Ørsted og de nye ord

Frans Gregersen

H. C. Ørsted foreslog, og brugte selv, ca. 2.000 nye danske ord som fagtermer. De to vigtigste succeser er ordene "ilt" og "brint", men der var mange flere, som ikke blev brugt af andre end ham selv. I artiklen sættes Ørsteds indsats som sprogfornyer ind i en historisk kontekst; baggrunden for de to signifikante succeser gennemgås – og de kontrasteres dernæst med en vigtig fiasko.

Historisk baggrund: sprog og domæner

Det er lettest at få øje på H. C. Ørsteds betydning for dansk naturvidenskabelig terminologi, hvis man anlægger et historisk synspunkt. Ørsteds idé om, at man kun kan forstå en term rigtigt, hvis man forbinder noget med den, og at det derfor er vigtigt at skabe danske betegnelser, hvis man vil have fat i folket, skal ses på baggrund af den århundredegamle kamp om, hvilke sprog man kan bruge i hvilke domæner i samfundet. Og den dermed sammenhængende kamp om, hvem der skal bydes velkommen til hvilke domæner.

Da skriften kom til Danmark

Da skriften kom til Danmark som runeskrift, brugte man den til ejermærker, gravmæler i form af runesten (datidens kortfattede nekrologer, kunne man sige) og senere til håndværksmæssige formål. Men med den kristne kirkes indtog kom også latinen til. Religiøse tekster var derfor fra nu af på latin, og da al uddannelse var underlagt kirken, fik vi latinskoler. Og latin blev også universiteternes sprog. Universiteterne var altså internationaliserede allerede fra begyndelsen.

To domæner brugte imidlertid ikke nødvendigvis latin: de gamle landskabslove er skrevet på dansk, og den tidligste naturvidenskab er formuleret i læge-, urte- og stenbøger på dansk. Allerede fra 1200-tallets midte har vi altså nogle domæner (jura, administration, botanik og medicin), som skriftliggøres på dansk, mens andre (religion og uddannelse) skrives på latin.

Skrift og tale

Det betyder ikke, at vi dermed har en terminologi til fx at tale om planter og dyr. Men det vigtige ord er her "tale". Talen var i de gamle samfund betydelig mere lokal, præget af egnens vedtagne normer snarere end af TV-avisens oplæsning. Det betyder, at vi fx ved, at betegnelser for forskellige planter og dyr varierede ganske meget inden for landets grænser. Der var jo heller ikke nogen ordbøger at slå op i – og hvis der havde været, havde de kun været for de få skriftkloge.

Et eksempel: I *Ordbog over det Danske Sprog* står der under opslagsordet "kornblomst", at dette ord tidligere brugtes generelt, dvs. om alle blomster, der vokser i kornmarker. Det fremgår af citater fra Oehlschläger og Johs. V. Jensen, som skriver om både røde og blå kornblomster. Jeg kunne aldrig bruge "kornblomst" om andet end *centaurea cyanus*. Ser man så efter i samme ordbog, finder man ud af, at der for netop *centaurea*

cyanus findes mange forskellige gamle betegnelser: *Baadsmanshue*, *kornknopurt*, *Blaaboild* (blå Bodil) etc. Kær blomst har mange navne.

Videnskabelig terminologi

For videnskabsfolk er det vigtigt at have entydige betegnelser. Det er faktisk netop derfor, at man laver en terminologi. En terminologi er et fastlagt leksikon af ord og betydninger, som gælder inden for et bestemt fagområde. Som det fremgik af eksemplet med kornblomsterne ovenfor, så er botanikkens terminologi fastlagt på latin. Hvis vi vil være sikre på, hvilken blomst, vi taler om, bruger vi den latinske betegnelse. Det var den udfordring, Ørsted tog op inden for Naturlæren, dvs. kemi og fysik.

To slags naturvidenskab

Ørsted var aktiv lige i den overgang, hvor de forskellige naturvidenskaber professionaliseredes. Det betød, at der kom skel mellem den praktiske anvendelse af fx kemi i apoteksvæsenet (farmaci) og så den grundforskning, som fx Ørsted udførte. Den første virksomhed havde en ældgammel tradition og havde samtidig en folkelig kontakthoved, som grundforskningen ikke havde. Derfor kunne man udmærket have forestillet sig, at kemikerne også i fremtiden arbejdede på latin (og græsk), mens apotekerne (bl.a. Ørsteds fader) brugte dansk. Sådan ville man have befæstet grundforskningen som noget, der kun var for eliten.

Folkelig naturvidenskab: teknik

Ørsted ville det anderledes. Han havde tidligt planer om at oprette den Polytekniske Læreanstalt, som han senere blev den første rektor for, og han holdt meget tidligt folkelige foredrag på universitetet om naturvidenskab. Ørsted var med andre ord ikke tilfreds med den stilling, naturvidenskaben havde i det daværende danske samfund. Han havde en velbegrundet idé om, at samfundet kunne udvikles, hvis naturvidenskaben i meget højere grad kom til anvendelse. De foredrag, Ørsted holdt for "ustuderede" folk, der ikke havde den adgangsgivende studentereksamen, var således led i et større felttog og en mere langsigtet strategi. Målet var at få naturvidenskaben ud til folket. Og så var det jo vigtigt at blive forstået.

Grundtvigianeren Marius Kristensen, som var den første, der studerede Ørsted som sprogmand, og selv havde omfattende erfaringer med at "popularisere", skriver:

”Når en faguddannet mand taler for fagfæller, vil han let henfalde til et vedtægtsbundet ordvalg, og mangen gang vil et fremmed sprogs udtryk falde ham fuldt så let i munden eller pennen som et hjemligt, og tilhørerne, der sidder inde med alle forudsætninger, vil fuldtud forstå det. Men den, der skal tale ufagmæssigt om faglige æmner, han må vælge sine udtryk med skønsomhed og mangen gang afvige fra det vedtagne for at nå til et udtryk, som giver mere end en antydning. Ørsted har ved sine forelæsninger for ustuderede sikkert erfaret det til fulde, at sproget ikke blot skal dække, men også udvikle tankerne, og kun ganske få videnskabsmænd har gjort så meget som han for at udforme og afklare deres sprog” [1].

Lidt om sproglige betydninger: semantik

Inden for sprogvidenskab er studiet af ord forbundet med tre forskellige slags videnskab. Grundforskning i ordbetydninger kaldes i fagsproget *leksikalsk semantik*. Studiet af ords historie hedder *etymologi*. Og begge disse former for grundforskning udmønter deres resultater i ordbøger. Studiet af, hvordan man laver ordbøger, kaldes *leksikografi*. Samlet studeres alle typer af betydning i den sprogvidenskabelige disciplin *semantik*.

Udarbejdelsen af ordbøger kan ses som en slags anvendt forskning inden for semantik på linje med teknik som anvendelse af naturvidenskabens indsigter. På basis af en meget stor samling af eksempler på, hvordan et ord bruges, beskriver man i ordbogen dets ofte mange betydninger. Man kommer dermed også nemt til at fungere som normerende med hensyn til, hvordan folk, der ikke nødvendigvis kender alle ordene i deres eget sprog, bør bruge et givet ukendt ord. Bare slå op i ordbogen, så forstår du, at ”sekvens” er noget andet end ”frekvens”! De allerfleste mennesker kommer på ét eller andet tidspunkt i deres liv ud for et ord, de er nødt til at slå op i en ordbog, simpelthen for at finde ud af, hvad det, der står på siden, eller er blevet hørt fx i radioen, egentlig betyder.

Der findes på dansk kun én ordbogstype, der eksplicit er normativ, nemlig mht. ortografi: Ordenes stave-måde fastlægges i Retskrivningsordbogen. Den udgives af Dansk Sprognævn som har til opgave at normere dansk skriftsprogs ordformer.

Andre ordbøger er koncentreret om bestemte typer af ord: Fremmedordbøger, eller historie: Ordbetydningernes historie kan studeres i de etymologiske ordbøger.

Ordbetydninger er af to slags: Den ene form for betydning forbinder ord med verden. En ”stol” betyder så nogenlunde ”et møbel til at sidde på”, en ”regning” er en opgørelse af, hvad man skylder for en tjenesteydelse eller for et varekøb, mens ”regning” uden kendeord henviser til at beregne antal, og hvordan man lærer det i skolen.

Den anden form har med sproget selv at gøre. Ordet ”regne” betyder mange forskellige ting. For det første er der tale om et vejrlig, hvor der kommer vand ned i hovedet på os. Dette ord indgår i andre vigtige ord som ”regnvejr”, ”regnfrakke”, ”regnvand” osv. De har alle noget med ”regne” i denne betydning at gøre. Men dernæst er der så det med tallene og regning. Det kan

gå på den konkrete tankevirksomhed ”at regne efter”, men det kan også bruges i overført betydning om ”at regne den ud”. Regne i den betydning indgår i ord som ”beregne”, ”beregrende” og ”beregning”.

Det betyder, at ord indgår i et forhold til omverdenen. Det kalder man ofte *reference* eller *denotation*, dét, et givet ordudtryk betegner, dvs. det forhold, der er mellem, hvad der findes eller sker i virkeligheden, og hvilke ord, der bruges om det, der findes eller sker. Ord, der handler om nogenlunde det samme i virkeligheden, indgår i semantiske felter. Den slags semantiske felter har en relation til videnskaben, idet man kan anskue fx de forskellige dele af kemien, organisk og uorganisk kemi, eller fysikken (atomfysik m.m.), som store semantiske felter med mange beslægtede ordudtryk og -betydninger.

Men ord indgår også i større systemer af afledning og produktivitet. (At) ”regne” er et verbum (udsagnsord), men ”regning” er et substantiv (navneord). (Vi bemærker i parenteserne, at dansk sprogvidenskab også har arbejdet med at lave en dansk grammatisk terminologi – som er lige så omdiskuteret som alle andre lokale terminologier!) Det betyder noget for Ørsteds forsøg på at lave nye, træffende ord, hvor godt et nyt ord er til at indgå i den slags større systemer. Kan man bruge ordet som verbum – som verbalsubstantiv? Kan der dannes yderligere afledninger?

Nye ord

Når der kommer nye fænomener i vores omverden, har vi brug for et ord til at omtale og betegne dem. Metroen i København er kommet for at blive. Vi importerede bare det ord, turisterne i forvejen kendte fra Moskva, Paris og London. Man kunne også have brugt ”undergrundsbane” eller have lånt det svenske ”tunnelbane”, men – måske fordi metroen ikke altid er en tunnelbane i undergrunden – man valgte at bruge det internationalt kendte ord.

Ørsted var både i den situation, at han skulle give nye fænomener betegnelser, og at han skulle finde på afløsningsord for ord, der allerede var blevet foreslået af andre før ham såsom tekniske termer i lærebøger, som var henvendt til danske studerede såvel som ustuderede. Lad os se på hvorfor. Hvordan begrundede Ørsted nødvendigheden af at udarbejde en systematisk dansk terminologi?

Niels Åge Nielsen har i sin udtømmende behandling af Ørsted som sprogrenser [2] fundet et citat i den lærebog om naturvidenskab, Ørsted udgav i 1809:

[...] især har det været mit Ønske, at sætte Kunstord af Dansk Oprindelse i Stedet for fremmede. Det hele Foredrag vorder herved naturligere og de fremmede Ordbøininger, der upaatvivleligen langt mere vansire Sproget end de fremmede Stamord, undgaaes. Desuden erholde Tankerne, ved at udtrykkes med Ord af Modersmaalets egen Stamme, en langt mere umiddelbar, om jeg saa tør sige, øieblikkelig Klarhed, hvorimod man ved et fremmed Ord først maa lade Tanken svæve hen i andre Egne for at finde dets Oprindelse og indre Betydning. Ethvert Ord er et Tanketegn, og det hele Sprog en Samling af saadanne. Er nu Sproget virkelig

eet Sprog og ikke en Sammenblanding af adskillige, saa gribe Ordene paa samme Maade ind i hinanden, som Tankerne i Sjælen, og udgjøre tilsammen et lyst og klart Hele.” (Ørsted 1809, her citeret efter [2, side 5]).

Ørsteds program

Ørsted skrev i 1814 et universitetsprogram på latin, hvori han dels begrunder, dels præsenterer sin terminologi, og der er det interessante ved forsøget, at det har som ambition at forny den kemiske terminologi på alle de germanske sprog (undtagen engelsk!) efter et fransk forbillede. Ørsted er meget tilfreds med den franske terminologi, men den kan slet ikke overtages uden videre i de germanske sprog: Ørsted angiver alle sine eksempler på først dansk, så svensk, tysk og hollandsk. At det så ikke lykkedes at forny alle disse sprogs terminologi på samme tid, kan man ikke forundres over, det var jo nationalstaternes store periode.

Ørsted lægger i universitetsprogrammet i ni sammenlignende tavler sine grundtermer og deres afledninger frem til almen diskussion. Vi skal nedenfor se nærmere på *ilt* og *brint*, de to termer, som Ørsted lykkedes helt og holdent med, men de er ingenlunde de eneste, der foreslås, og måske kan det også have en vis interesse at se på, hvorfor et af forslagene ikke blev til noget. Først skal vi imidlertid kort se på Ørsteds principper:

1. betegnelser skal være sande
2. navnet må betegne, ikke beskrive
3. grundstoffer skal have enkle betegnelser, sammensatte stoffer sammensatte
4. termer skal være produktive, dvs. egnede til afledninger og sammensætninger
5. termer skal være korte og nemme at udtale
6. fremmedord, der ikke kan bøjes efter danske regler, må forkastes

(Min bearbejdning af prisskriftets principper efter [2, side 13f].)

Når princip nr. 1 overhovedet kommer på tale, skyldes det kemiens opdagelser i tiden umiddelbart før Ørsted. Flogiston-teorien blev opgivet efter, at Lavoisier havde angrebet den i slutningen af 1700-tallet, men det betød, at luftens bestanddele skulle have navne som både kunne hentyde til, at der skal luft til, for at noget kan brænde, og at ikke alting brænder, der kommer i luft. Vi skal senere se, hvordan Ørsted forbinder ilt med ild.

Princip 2 er vigtigt, fordi det sammen med princip 1 rører ved synet på videnskab. Jeg forstår det sådan, at Ørsted foretrækker termer, der netop kan fungere som en slags navne (dvs. er helt uden betydning, andet end at henvise til et bestemt individ, sted eller fænomen), men altså har de rette konnotationer, dvs. får folk, der bruger dem, til at tænke på netop dét, det betegnede faktisk gør i kemisk forstand (indgår i forbrænding fx). Kornblomst er en dårlig term, fordi den beskriver blomsten som, ja, hvad? Som en blomst, der gror i kornmarker? Det er der mange, der gør. Som en blomst på kornet? Nix, overhovedet ikke, men det er netop en rimelig association at få.

Princip 3 er det, der fører Ørsted frem til fx be-

tegnelsen *kultveilte* for *carbondioxid*. Hver enkelt af bestanddelene viser noget om stoffet: kul plus to gange ilt.

Princip 4 gør, at vi ikke bare har de ord, Ørsted selv foreslog som afledninger af *ilt*, nemlig *ilte* (*oxidere*), men også har nye ord som *iltsvind*, *iltfattig* og lignende. Ordet ilt viste sig uhyre produktivt og egnet til sammensætninger.

Princip 5 giver sig selv, men det er det princip, der giver Ørsteds forslag til nye termer, både dem han lykkedes med, og dem han mislykkedes totalt med, deres særlige karakter.

Princip 6 betyder såmænd bare, at man skal kunne danne verber og verbalsubstantiver af størrelsen, uden at benytte andre endelser end de sædvanlige. Det får Ørsted til at afvise *kalium* og *calcium* som termer fordi -um-endelsen ikke findes på dansk. (Det gør den jo – men kun i låneord fra latin).

Historien om termen ilt

Ørsted har åbenbart enten spurgt den danske sprogforsker Rasmus Rask mundtligt om betegnelserne ilt, brint og alkali eller skrevet til ham i et for os nu tabt brev. I hvert fald har vi et brev fra Rasmus Rask til Ørsted af 28. januar 1812, dvs. i god tid, før Ørsted i sit universitetsprogram gik i luften med de endelige forslag. Her advarer Rask mod både ilt og brint, og hans overvejelser er teoretisk og praktisk interessante, bl.a. fordi vi nu ved, at de slet ikke havde nogen effekt. Han skriver om ilt:

”Imod *Ilt* eller *Ildt* kan siges at der findes ingen saadan Endelse eller Afledsmaade i Sproget hvor et Navneord dannes af et andet ved at sætte *t* til, og hvor det nydannede faar Betydning af Prinsippet eller Grundstoffet til hint. Det er altsaa *om ikke imod* saa dog heller ikke efter nogen forhaandenværende Lighedsregel i Sproget. Alle ord paa *t* ere sikkert enten dannede af Tillægsord eller Gjærningsord [Rasks termer for adjektiver og verber] og betegne snarere en abstrakt Egenskab eller Virkning end et konkret Grundstof” [3, side 100].

Hvis man så sammenligner med, hvordan Ørsted argumenterer for termen ilt, kan man se, at han intet har lært af denne enetime hos samtidens største sprogforsker:

”At forbinde et Legem med Det i Ildluften, der egentligen udgjør dets Masse kalder jeg at *ilte*, hvorved Bogstavet *d* er gaaet over til *t*, ligesom man af *Mad* danner *mætte*, af *skyde* danner *Skytte*, af *Lyd* danner *lytte*. Materien selv kaldes da *Ilt*.”

Ørsteds Fortale til oversættelsen af Chaptals *Chimien anvendt paa Kunster og Næringsdrift* (1820), her efter [2, side 42].

Ørsteds begrundelser er altså i overensstemmelse med de 6 principper ovenfor, at *Ilt* som en ikke-beskrivende navneagtig term bør foretrækkes fremfor *Oxygen*, fordi den er dansk, og man deraf kan danne en række danske ord (fx at *ilte*). Når man hertil lægger, at *ilt* får folk til at tænke på *ild* som i *Ildluft*, og at termen er kort og dermed egnet til sammensætninger, får man konklusionen: *Ilt* er en god term.

Det interessante er så, at Ørsteds sproglige begrundelser er mindre end træffende. For det første skal *ilt* være et substantiv dannet af *ild*, men i den sproglige begrundelse ovenfor ser det ud som om, det er verbet, der er udgangspunktet. Det skyldes, at de to eksempler (*mad – mætte* og *lyd – lytte*) sætter substantiver med *d* (som *ild*) i relation til et verbum med *t*. Det tredje eksempel forvirrer bare, for her er det verbet, der har *d*, og substantivet (den, der handler sådan som verbet beskriver) har *t*.

Ingen af disse eksempler kan imidlertid vise andet, end at *d* og *t* indgår i morfologiske forbindelser, men altså netop ikke af den type, Ørsted var ude efter. Jeg tror, at en af grundene til, at *ilt* overlevede som term, netop var, at forbindelsen til *ild* kunne overses og formentlig ikke er præsent for ret mange sprogbrugere. *Ilt* er blevet et navn – på grundstoffet.

Historien om brint

Brint er dannet til verbet “*brænde*”, og Ørsted bringer en lang forklaring, som bl.a. kommer rundt om, at *brænde* på dansk både er transitivt og intransitivt: Noget, fx interessant nok *brænde*, kan *brænde* (intransitivt), og nogen kan *brænde noget*, endda *brænde noget ned* (transitivt). Men at benytte netop verbet *brænde* som udgangspunkt for hydrogens danske term er virkelig kontraintuitivt for et grundstof, der hidtil var blevet betegnet med termen “*Vandstof*”. Som bekendt indgår brint i vand. Ørsted argumenterer som følger:

“Vandstoffet har i øvrigt intet Vandagtigt i sin Natur, men er tvertimod det flygtigste og brændbareste Stof, hvoraf Chemien er i Besiddelse. Som bekjendt er Vandstoffet i fri Tilstand en Luft, og kaldes *Vandstofgas*. Førrend den fik dette Navn kaldtes den *brændbar Luft*, *Brændluft*. [...] Jeg ønskede nu at vedligeholde det gamle Navn *Brændluft* men tillige at faae et Navn på det Grundstof, der i fri Tilstand udgjør *Brændluften*, men som ogsaa kan udgjøre en Bestanddeel i faste Legemer.” Ørsted 1820, stadig efter [2, side 42–43].

Rask havde også her påvist, at der ikke var nogen fortilfælde for at danne afledninger af verber, som betød andet end den med verbet beslægtede handling eller en virkning af denne. Det kan ikke anvendes på *brint* af *brænde*. Men igen: Det har nærmest kun været en fordel, at hydrogens betegnelse er blevet fjernet fra både vand og brand.

Fiaskoen: æsk

Rask var åbenbart også blevet rådspurgt om Ørsteds betegnelse for alkali. Han svarer, at han kun har et meget dunkelt begreb om, hvad det er, men foreslår termen en *Ætse*. (Rask til Ørsted 28.1.1812 i [2, side 101]). Ørsted havde tilsyneladende et anstrengt forhold til datidens franske, empiriske kemi, og det kan undre, at han slet ikke nævner den term, der på langt sigt sejrede, nemlig franskmanden Rouelles *base*, *basisk* m.m. [4].

Ørsted var eksplicit på jagt efter et dansk udtryk for ”et saa vigtigt Begreb som Alkaliskhedens, der udgjør Modsætningen til Surheden” (Ørsted 1820, efter [2, side 45]). Han dannede da begrebet *et Æsk*. Det blev dog

– som rigtig mange af de ord, Ørsted faktisk foreslog, ikke antaget som den generelle term for alkaliskhed.

Det, der står tilbage efter Ørsteds indsats lige i denne sammenhæng, er, at der i Ordbog over det Danske Sprogs artikel om opslagsordet *Base* står:

“*navn paa visse forbindelser af metal, ilt og brint (jf. Æsk).*”

Hvis man så følger linket fra bind 2, som kom i 1920, til bind 27 fra 1954, henvises man til *Esk*. Men det opslagsord handler om asketræet. Det er helt syret og temmeligt sårende for både Ørsted og redaktionen af Ordbog over det Danske Sprog.

Hvad har vi lært?

Ørsted foreslog to brillante termer lige i overgangsperioden mellem kemi, der var forbeholdt de ganske få, og kemi som en del af den fremadstormende ingeniørvidenskabelige dannelse, der skulle omdanne grundforskning til anvendt forskning eller teknik. Ikke mindst derfor havde han succes. Hans to vigtigste termer var korte og fyndige og dermed egnede til, at man kunne lære sig dem. Og de kunne indgå i de talrige afledninger og sammensætninger, som en term for et grundstof må kunne. Han havde ikke nogen sprogvidenskabelig baggrund og lyttede ikke til de råd, han fik fra sprogforskeren. Måske var det klogt; i hvert fald fjernede det termene fra en for tæt tilknytning til den association, som lige præcis Ørsted tog udgangspunkt i, nl. *ild* og *brænde*. Og det var sikkert nøglen til succes. Fiaskoer var der i øvrigt mange af blandt de utallige termer, som [2] har dokumenteret, men også en del succeser (se boksen). Dog ingen så centrale som *ilt* og *brint*.

Ørsteds nye ord

Succeserne: “*ilt*”, “*brint*”, og deres mange afledninger helt op til i dag: “*iltsvind*”, “*iltsfatig*”, “*brint-økonomi*” etc. De er omtalt i teksten. Andre succeser inden for naturvidenskaben: “*rumfang*”, “*varmefylde*”, “*vægtfylde*”, “*vindmåler*”, “*fortætning*”. Se Peter Skautrup: *Det danske Sprogs Historie*, bind III, 1953, s. 348.

Succeser inden for andre videnskaber: “*hverdagsbetydning*”, “*hverdagserfaring*”. “*hverdagsprog*”, “*grundforestilling*”, “*gangbevægelse*”, “*erfaringsbegreb*”. Som man kan se, er de fleste blevet begreber inden for alment videnskabsprog.

Eksempler på *fiaskoer*, alle hentet fra Nielsen 1981, Bind 2, hvor de i alt ca. 2000 ord, som Ørsted foreslog, er bogført: “*ensterlighed*” for “*individualitet*”, “*skiftningsorden*” for “*periodicitet*”, “*skelfundig*” for “*diskret*” og “*jevnfundig*” for “*kontinuert*”, “*spændig*” for “*elastisk*”, “*skønhedslære*” for “*æstetik*”, “*kraftfordeeling*” for “*polaritet*”.

Ørsteds aktualitet: domænekamp og terminologi i dag

Vi står midt i en domænekamp, hvor videnskabens sprog er stridens genstand. Skal vi skifte til engelsk på de danske universiteter og dermed opgive at opretholde et dansk domæne (en dansk terminologi, danske diskursive regler, etc. inden for videnskab)? Eller skal vi tværtimod holde fast ved, at danske skatteydere betaler for et universitet, som de derfor også skal have glæde af og kunne forstå resultaterne fra; ikke alt hvad forskerne skriver, men de aspekter af resultaterne, som vedrører almenheden. Som alle ved, er der resultater fra medieforskning (skaber computerspil afhængighed?), over miljøvidenskab (hvad betyder global opvarmning for os lige nu?) og til sociologi (hvordan skal man indrette et samfund, så alle kan bidrage?), som har interesse for andet end fagfæller.

I de sidste år har man i de nordiske lande arbejdet med en både-og-strategi, som har fået navnet parallelsproglighed. Begrebet parallelsproglighed står for, at der både skal findes internationalt accepterede terminologier og en international diskussion på de store sprog, og en til almenheden henvendt formidling af disse. Samtidig skal der være undervisning både på det sprog, som for de fleste i samfundet er det første sprog (men det er det altså ikke for alle – og det skal der tages hensyn til), og på internationale sprog. Det sidste gør det også muligt for universiteterne at modtage interesserede studerende og forskere fra andre steder end Danmark/Norden.

I den optik er Ørsteds indsats interessant, bl.a. fordi

han aldrig forfalder til purisme på danskhedens vegne, men altid er interesseret i at få flest muligt med indenfor i videnskabens domæne. Det kan man godt lade sig inspirere af.

Litteratur

- [1] Marius Kristensen (1904) "H. C. Ørsted og det danske sprog", *Danske Studier*, side 49–64.
- [2] Niels Åge Nielsen (1981) *Sprogrenseren H. C. Ørsted*, 1-2. Århus Universitet, Nordisk institut.
- [3] Louis Hjelmslev (udg.) (1941) *Breve fra og til Rasmus Rask*, Bind 1. Munksgaard, Det Danske Sprog- og Litteraturselskab.
- [4] William B. Jensen (2006) "The origin of the term 'base' ", *Journal of Chemical Education*, bind 83, nr. 8, side 1130. .



Frans Gregersen er professor emeritus, dr. phil., og har indtil udgangen af 2018 været professor ved Københavns Universitet i dansk sprog. Han var i perioden 2005–2015 leder af et grundforskningscenter om sociolingvistiske sprogforandringsprocesser og er nu med i et projekt om digitalisering af kilder til dansk sprogforsknings historie.

Kan man tabe sig ved at tænke?

Christine Pepke Gunnarsson, *Kvant*

NEUROSCIENCE. Måske har læserne tænkt over, hvor mange kalorier vores hjerne forbrænder ved at læse *Kvant*? I hvile bruger hjernen 20–25% af kroppens energi, hvilket svarer til 350/450 kalorier pr. dag for en gennemsnitlig kvinde/mand. For et barn på 5 år, hvis hjerne er under opbygning, kan hjernen i intense perioder sagtens bruge op til 60% af kroppens energi. Grunden til, at hjernen bruger så meget energi, er, at den er stor i forhold til resten af kroppen. Hjernen bruger energien på at få neuroner til at kommunikere med hinanden via kemiske signaler transmitteret gennem synapser. Derfor kunne man tænke over, om man kunne brænde kalorier af ved at bruge hjernen. Professor i neuroscience Claude Messier fra University of Ottawa, Canada, forklarer, at hjernen kan brænde kalorier af for mentalt særligt svære opgaver. Hvad, der definerer en svær kaloriembrænderopgave, er individuelt, men generelt er det noget nyt, som hjernen ikke let kan løse og ikke har prøvet før. Fx at lære at spille et musikinstrument eller et intenst skakspil. Men når hjernen er blevet trænet i at løse de nye udfordringer, bruger den ikke så meget energi på dem længere. Desværre kan svære hjernekrævende opgaver ikke bruges til at tabe sig

med. Energien, der bruges kun på at tænke, er meget lille i forhold til alle de andre processer, som hjernen udfører hele tiden. Så når skakspillere og musikere taber sig meget i intense perioder, hvor de skal lære meget nyt, er det oftest pga. stress og manglende måltider. Stresssymptomerne som forøget hjerterytme, hurtigere vejrtrækning og det at svede brænder til gengæld mange kalorier af og sammen med få, uregelmæssige måltider gør det, at man taber sig – dog på en mentalt usund måde.

Kilde: <https://www.livescience.com/burn-calories-brain.html>



Ørsted og striden med Grundtvig om forholdet mellem tro og viden

Jens Olaf Pepke Pedersen, DTU Space og Kvant

Ørsted var en kulturpersonlighed i Danmark i første halvdel af 1800-tallet og blev involveret i talrige litterære fejder. Han havde også en intens strid med Grundtvig, som ikke kun er interessant på grund af kombattanternes farverige sprog, men også fordi den illustrerer Ørsteds syn på forholdet mellem tro og viden.¹

Hans Christian Ørsted havde sine formative år i brydningsperioden mellem Oplysningstiden og Romantikken. Han fødes i 1777 omtrent samtidig med, at den tyske oplysningsfilosof Immanuel Kant (1724-1804) udgiver sine hovedværker "*Kritik af den rene fornuft*" (1781), "*Kritik af den praktiske fornuft*" (1788) og "*Kritik af dømmekraften*" (1790). Imellem disse udgivelser udkommer Kant også med "*Naturvidenskabens metafysiske grundlag*" (1786), og Ørsted bliver siden dybt påvirket af Kants erkendelsesteori. Ørsted påvirkes også af Romantikken, der opstår omkring 1800 som en modreaktion mod Oplysningstiden og dens mekaniske verdensbillede, hvor alt skulle måles og vejes.

Som barn drømmer Ørsted om at læse teologi, han undervises i tysk ud fra bibeltekster, og i hjemmet læses der højt af kongelig konfessionarius Christian Bastholms (1740-1819) prædikensamlinger. Da Hans Christian og broderen Anders Sandøe i 1794 begynder på universitetet i København, har de planer om at deltage i Bastholms gudstjenester og bliver skuffede over at opdage, at han ikke længere prædiker.

På universitetet bliver Ørsted imidlertid tiltrukket af kemien, som han allerede har en grundig træning i, efter at han havde assisteret sin far i apotekets lille laboratorium i Rudkøbing. Han bibeholder dog livet igennem en kristen grundholdning, og en del af hans virke bliver at forene hans kristne tro med videnskab.

Da man ikke kan tage eksamen i kemi, bliver Ørsted i stedet farmaceut fra det medicinske fakultet i 1797, og to år senere bliver han doktor på en afhandling om Kants naturmetafysik, som kommer til at danne rammen om Ørsteds videnskabelige arbejde.

Her forsvarer han Kants dynamiske teori for stof, hvor Kant blandt andet afviser atomisternes tanke om, at stof består af små hårde og udelelige atomer, som udfylder et tredimensionelt rum. I stedet for atomer mener Kant, at stof alene udgøres af to modsatrettede grundkræfter, som er hhv. frastødende og tiltrækkende, og at det er disse kræfter, som udfylder rummet. De holder hinanden i balance og forandrer sig, når en kraft overvinder en anden. Når vi derfor oplever et stykke stof som fast, skyldes det ikke, at stoffet består af hårde atomer, men at stoffet udfylder et givet rum med en frastødende kraft. Som bekendt sejrede atomisterne siden over dynamisterne, men dengang havde

atomisterne fx svært ved at forklare, hvordan elastiske stoffer kunne deformeres og genfinde deres form igen, når de nu bestod af små, hårde kugler. I dynamismen kan en ydre kraft trykke stoffet sammen indtil stoffets frastødende kraft bliver så stor, at der er balance mellem de to kræfter og stoffet ikke lader sig presse mere (medmindre man øger den ydre kraft).

Ironisk nok bliver det således Kants egen filosofi, romantikerne bruger til at lægge afstand til Oplysningstiden, når de hævder, at stof ikke er opbygget af udelelige atomer, men af kræfter eller energier, hvis vekselvirkning skaber den materielle verden. Disse energier kommer for romantikerne til at repræsentere ånden, og fører til en religiøs forestilling om verden, som styres af usynlige, men reelle åndelige kræfter, som for mange romantikere fører til et panteistisk verdensbillede. Det vil sige, at alt, hvad vi kan se i verden, består af en altomfattende iboende Gud, og dermed bliver universet, eller naturen, og Gud identiske.

Den romantiske naturfilosofi

Fra 1801 til 1804 tager Ørsted på en dannelsesrejse til Tyskland og Frankrig, og i Jena i Tyskland møder han filosofen Friedrich Wilhelm Joseph Schelling (1775-1854). Schelling er også inspireret af Kants naturmetafysik, som han har videreudviklet til en romantisk naturfilosofi, der skal etablere et grundlag for naturvidenskabens ved forstå naturen og dens vekselvirkende struktur som en helhed eller en organisme. Ifølge Schelling er naturen imidlertid ikke blot en åndløs materie, men er selv ånd. Der er således en identitet mellem ånd og natur, som han kalder "Naturens indre Enhed", og hvor forskellige organismer samarbejder gennem en form for intelligens. Schelling er derfor kendt for udsagnet, at "ånd er usynlig natur og natur er synlig ånd". Naturen er således den skabende ånds fremtræden.

Schelling mener også, at denne identitet mellem ånd og natur kan erkendes gennem ren spekulativ grundtanke om kræfternes polaritet og enhed.

Schellings naturfilosofi skal både gøre op med den mekanistiske, deterministiske forståelse af naturen, og løse det problem, som Kant har efterladt, at den egentlige virkelighed ikke er tilgængelig for menneskets erkendelse. Schelling antager derfor, at mennesket har

¹For mange gode kommentarer til en række forskellige udkast af denne artikel skylder jeg en tak til bl.a. Holger Berg, Dan Charly Christensen, Niels Henrik Gregersen, Bertel Haarder, Anja Skaar Jacobsen, Carsten Mulnæs, Klaus Nielsen, Kate Pepke Pedersen og Vanja Thaulow.

viden om sin egen eksistens, og at der også findes en a priori viden om naturen.

Formålet med hans dynamiske fysik er at vise, hvordan stof nødvendigvis opstår som et resultat af vekselvirkningen mellem fundamentale kræfter, der danner en systematisk enhed. Naturen er struktureret i en serie af stigende "potentialer", som hver indeholder modsatrettede kræfter, og naturen bliver således et resultat af disse polære kræfter, der skaber alt i naturen. Et billede på denne struktur er en magnet, hvis to modsatrettede poler ikke kan separeres fra hinanden, selvom de frastøder hinanden. Magneten er således den enhed, der skabes af kræfterne fra de modsatrettede magnetiske poler.

Ifølge Schelling gennemstrømmes hele naturen af en grundlæggende kraft, som er årsagen til de kræfter, vi kan observere, såsom magnetisme, elektricitet og kemi. Disse kræfter virker derfor på et højere potentiale eller trin, hvor magnetisme, elektricitet og kemi tilsammen definerer fx. et stofs udstrækning. Eftersom både magnetiske, elektriske og kemiske kræfter ifølge Schelling viser sig som lys, må lys følgelig befinde sig på et højere trin end de tre nævnte kræfter. Ovenover lyset finder vi den mentale verden.

Schellings konstruktion fører også til en forklaring på liv, som ligeledes bygger på to modsatrettede "principper": et positivt princip, som er uden for kroppen, og et negativt princip, som er inden for kroppen. Det positive princip er æteren, der gennemtrænger alt, både organiske og uorganiske stoffer, men det reagerer kun med de legemer, som fuldt ud kan vekselvirke med æteren. Det er legemernes kemiske sammensætning, der bestemmer, om de er egnede til denne vekselvirkning, og Schelling bruger her en analogi til magnetisme og elektricitet. Begge kræfter er også udbredt i naturen, men kun bestemte legemer er i stand til at reagere på dem. På samme måde er liv udbredt i naturen, men vekselvirker kun med legemer, der kan reagere på det.

I Jena bliver Ørsted en overbevist tilhænger af Schellings dynamisme og tanken om en dyb enhed i naturen. Her møder han også den excentriske forsker Johan Wilhelm Ritter (1776-1810), der eksperimenterer med elektrokemi, og Ritters forsøgsresultater bliver for Ørsted et bevis for tanken om den fælles grundkraft.

Ørsted påvirkes endvidere af Franz von Baader (1765-1841), som han møder i München. Baaders filosofi gik siden i glemmebogen, men i samtiden er han en fremtrædende repræsentant for afvisningen af naturvidenskabens mekaniske og materialistiske verdensbillede, hvor der er en tydelig adskillelse mellem materie og bevidsthed, natur og ånd. Baader leder i stedet efter en sammenhæng mellem den fysiske natur og menneskets moralske og åndelige bevidsthed, og mener, at denne sammenhæng er en forudsætning for at have et virkeligt gudsforhold. Tanken om ånden eller Gud i naturen bliver grundlaget for Ørsteds egen metafysik, og den kommer også til at danne grundlaget for hans tanker om, at naturvidenskabens et fundament for både tro, kultur og folkeoplysning.

Efter hjemkomsten begynder Ørsted at skrive en lærebog i fysik og kemi ("*Videnskaben om Naturens*

Almindelige Love" [1]) på grundlag af Kants og Schellings dynamisme og Ritters elektrokemiske teorier. Desværre dør Ritter i 1810 pga. en kombination af fattigdom og et udsvævende liv samtidig med, at han er overanstrengt af sine konstante eksperimenter, hvor han også eksperimenterer på sig selv. Den hastige udvikling inden for kemien betyder dog, at Ørsted må tage et forbehold over for Kants teori: "Kant anseer disse to Kræfter [tiltrækning og frastødning] som Grundkræfter, og stræber tillige, at bevise, at de ere de eneste mulige. For at forebygge Misforstaaelse, vil det være godt, at her anmærkes, at Forfatteren ikke ganske underskriver hin Mening".

I indledningen til bogen gør Ørsted rede for sine tanker: "Verden er åbenbaringen af Guddommens forenede Skaberkraft og Fornuft", og han beskriver naturlovene som Naturidéer eller -tanker, som et udtryk for Guddommens fornuft. Videnskabsmandens rolle er derfor at være naturens – og det vil i sidste ende sige Guds – tankelæser.

Ørsteds plan er, at bogen skal udkomme i to dele, der beskriver henholdsvis mekanikken og dynamikken. Den første del om mekanikken bliver trykt i 1807, men hele oplaget brænder under Københavns bombardement, så bogen udkommer først i 1809. Han skriver noget af den anden del, nemlig "*Kraftlæren*", men den udkommer aldrig [2], og den planlagte fortsættelse, "*Den højere Kraftlære*", der skulle være kulminationen på hans projekt, bliver aldrig skrevet.

I stedet lykkes det Ørsted at udgive sit dynamiske og metafysiske projekt under et nyt udlandsophold i Berlin i 1812 med bogen "*Ansicht der chemischen Naturgesetze durch die neueren Entdeckungen gewonnen*" [3]. I indledningen gentager han sine tanker fra den danske lærebog: "Således er selve universet at betragte som den samlede udvikling, og loven herfor må være enheden af alle øvrige love. Det, der til syvende og sidst giver naturforskningen sin dybeste mening, er den klare indsigt, at naturens love er de samme som fornuftens love, og at deres funktion altså er ligesom tanker; de love, der styrer et objekt i naturen og giver det dets væsen, er således en naturidé, og verdensaltets lov eller væsen er derfor indbegrebet af alle idéer eller det samme som den absolutte fornuft. Og derfor ser vi, at den samlede natur fremtræder som en uendelig kraft og en uendelig fornuft i forening, som Guds åbenbaring [4, s. 467]." Ørsteds dynamiske fysik og kemi er således hverken ateistisk eller panteistisk, men har Gud som skaber og opretholder af naturlovene.

Grundtvig

I samme periode har den unge Nikolai Frederik Severin Grundtvig (1783-1872) også vist interesse for den romantiske skole og arbejder med Schellings filosofi. Grundtvig er blandt andet inspireret af Schellings bog "*Filosofi og religion*" (1804) og af sin egen fætter, den danske geolog og filosof Heinrich Steffens (1773-1843), hvis forelæsninger Grundtvig har fulgt. Forelæserne er uhyre inspirerende for Grundtvig, selvom han næppe forstår Steffens grundtanker. I 1808 udgiver han digtet "*Gunderslev Skov*", der er blevet beteg-

net som et sidestykke til Oehlenschlägers romantiske gennembrudstekst "*Guldhornene*" fra 1802 [5]. Senere samme år udkommer også værket "*Nordens Mytologi*", hvor han samler og fortolker den nordiske mytologi og især Vølvens spådom. På det tidspunkt er Grundtvig i en mytologisk periode, hvor han opfatter alle religioner som mytologi i betydningen jordiske udtryk for det evige, idet han dog betragter "Christendommen for en reen, uforfalsket Fremstilling af det Aandelige" og "Idealet for alle Mythologier" [6].

Ørsted er en af læserne af "*Nordens Mytologi*", og i et brev til svogeren Adam Oehlenschläger (1779-1850) giver han værket en forbeholden ros: "Grundtvig har udgivet en nordisk Mythologi. En poetisk Aand svæver unægteligen derover; men det er dog et sandt Begynderarbejde, at sige af en god og dygtig Begynder. Ufuldstændighed og Mangel af sand Gjennemskuelighed i Fremstillingen er det, jeg især vilde lægge ham til Last" [7].

I december 1810 oplever Grundtvig en personlig krise, der kulminerer med et anfald, hvor han føler "Djæveln som en slange sno sig om hans krop" [8]. Han bliver ført til faderens præstegård i Udby, hvor han rekreerer sig og i øvrigt skriver "*Dejlig er den himmel blå*". Han bliver ansat som faderens kapellan, og han forbinder selv sin vej ud af krisen med sin ordination og en oplevelse i pinsen 1811, hvor han føler sig styrket af Helligåndens nærvær. Grundtvig opfatter krisen som en guddommelig irttesættelse af hans hovmod, og som en opvækkelse til kristendom. Han tager afsked med sin tidligere forståelse af mytologien og det romantiske livssyn, og betragter nu Bibelen som Guds klare tale, hvor "hvert Ord i den ganske hellige Skrift [er] indblæst af Gud, dicteret af den hellige Aand" [6].

Fra sit nye ståsted i en luthersk baseret ortodoks bibeltolkning, ser Grundtvig i nogle år romantikken som en af kristendommens fjender, og skriver sin første verdenshistorie "*Kort Begreb af Verdens Krønike i Sammenhæng*", som udkommer i 1812. I værket gennemgår Grundtvig verdenshistorien fra skabelsen i år 3761 f. Kr. over syndefaldet, syndfloden, Babelstårnet, og frem til 1811, dog med hovedvægten på tiden fra Luther og frem.

Grundtvig har et bibelsk historiesyn, hvor det er afgørende for historiens forløb, hvordan folket gennem tiderne har forholdt sig til Gud, der med sit forsyn styrer historiens gang. I krøniken måler og dømmer Grundtvig tidsaldrer og folk efter deres sans for ånden samt på dybden og ægtheden af deres gudsfrygt, og angriber romantikken for dens panteisme. Da han når frem til den nærmeste fortid og samtid, udsteder han også hårde domme over en række af samtidens personligheder, blandt andet Schelling og andre naturfilosoffer.

Striden mellem Ørsted og Grundtvig

Da Verdenskrøniken udkommer, er Ørsted i Paris, hvor han arbejder på en fransk udgave af "*Ansicht*", der udkommer med titlen "*Recherches sur l'identité des forces chimique et électriques*". Det er derfor broderen Anders Sandøe, der skriver til ham om Grundtvigs bog, og at det er en af de mærkværdigste bøger, han

længe har læst, samt at "dette Menneskes Ufornuft og Smagløshed har ingen Grændser" [9]. Begge brødre har fulgt Grundtvig et stykke tid og med stigende bekymring. Anders Sandøes helbred er desværre for dårligt til at han selv kan gå i rette med Grundtvig, og Ørsted har travlt med sin bog, men svarer: "Dette Menneskes Fornuftfiendskab har længe gjort mig tilbøjelig til at tage fat paa ham en gang". I kladden til brevet skriver han endda, at Grundtvig er "Et givtigt [giftigt] Ukrud i vor Litteratur, som med Rod bør oprykket". Sætningen er dog overstreget igen, og i stedet skriver han, at hvis Grundtvig skulle få magt, ville han blive "en af de afskyeligste og ondsksfuldste Forfølgere" [9].

Ørsted venter således blot på en anledning til "tage fat paa" Grundtvig, og han kommer ikke til at vente længe, for året efter udsender Grundtvig skriftet "*En mærkelig Spådom ogsaa om Danmark efter en gammel Haandskrift*" (1814). Grundtvigs far er død året forinden, og i faderens efterladte papirer har Grundtvig fundet en gammel spådom, der byggede på Biblens spådomme om Antikrist, og som Grundtvig fik til at passe på Napoleon [10].

Ørsted anmelder anonymt spådomsskriftet i Dansk Litteratur-Tidende (1814) [11], men benytter anledningen til et frontalangreb på Grundtvig og hans "vilde Fornuftshad", som er "i Strid med Fornuft, Oplysning og Videnskab". Ifølge Ørsted forener Grundtvig "med en letbevægelig Indbildningskraft og en Art af Veltalenhed den djerpe Selvtillid i Yttringen af sine Meninger, der udkræves til at virke paa den store Hob, og derhos befinder han sig selv i en Uklarhed og et Vilderede, der ikke tillader den uøvede Læser eller Hører at gennemskue hans Paastandes Intethed". Anklagen om at være en fanatisk folkeforfører tog Grundtvig sig meget nær.

Ørsted kommenterer også Verdenskrøniken fra 1812, hvor han både anfægter Grundtvigs domme over de romantiske naturfilosoffer og anklagerne mod naturvidenskaben for "snarere at lede fra end til Religionen". Grundtvig havde således angrebet kemikernes menneskesyn for, at "det hele Menneske (er) kun ... et Legeme som opløses ved Døden", og astronomernes brøde var "ved at beregne Himmellegemernes Gang og efterforske de nærmeste Aarsager til Alt, hvad som i det Høje minder om Gud, hjælpes man til at glemme ham".

Ørsteds synspunkt er det stik modsatte: naturvidenskaben vil netop "lede til den dybeste Andagt og Ydmygelse [hengivenhed] for Gud". Han understreger også, at "Videnskaberne skulle stræbe efter Harmonie med Religionen, og dyrkes med et christeligt Sindelag".

Denne harmoni er grundlæggende for Ørsteds syn på forholdet mellem tro og videnskab og bliver gentaget ved flere lejligheder, som fx da han som en del af reformationsfejringen i 1814 holder et foredrag med titlen "*Videnskabsdyrkningen, betragtet som Religionsudøvelse*". I talen siger han, at videnskaben altid "har staaet i en saa inderlig Sammenhæng med Religionen" og ved at dyrke videnskaberne dyrker man tillige Gud, for "Videnskabsmanden, naar han tilfulde forstaaer sin egen Bestræbelse, maa ansee Videnskabens Dyrkelse som en Religionssag".

I anmeldelsen er det derfor først på de sidste sider,

at Ørsted når frem til selve spådommen, som han mener lider af alvorlige fejl. Det sker ikke uden ironi, hvor han bl.a. påpeger, at spåmandens Antikrist "ingen Kiærlighed have til Fruentimmer", men "Dette træffer ikke ind med Napoleon". Ørsteds konklusion er derfor, at spådommen er en "forkeert Forklaring [fortolkning] af en allerede forkeert Forklaring", og et tegn på, at Grundtvig "maa enten gaae i Drømme eller have valgt sit Standpunkt paa Veien til Hospitalet" [12].

Grundtvig svarer hurtigt igen med skriftet "*Hvem er den falske Prophet?*" (april 1814), hvor han beskriver Ørsteds anmeldelse som "et Konstværk af Løgn og Bagvaskelse" [13], og han føler sig helt misforstået i synet på naturvidenskaben. Han understreger, at han ikke er videnskabshader, men han er imod den form for videnskab, der løsriver sig fra religionen. [14].

Efter disse indledende fægtninger, udveksler de to kamphaner endnu to lange stridsskrifter. Ørsted udsender i august 1814 et 144 sider langt skrift "*Imod den store Anklager*" [15], hvor han forsvare Schelling mod nogle af Grundtvigs anklager, blandt andet, at Schelling skulle være ateist, fordi han mener, at Gud udvikler sig. Ørsted påpeger, at Schelling ikke benægter Guds eksistens, og at hans tanker om en Gud i udvikling netop sikrer forståelsen af Gud som levende.

Ørsted medgiver dog også, at der er problemer med Schellings argumentationer, og at han "ikke (kan) andet end beklage, at Schelling ikke behørigen modner sine Ideer før han fremsætter dem, saa at han ofte, baade i moralske og physiske (jeg beder G. at lægge vel Mærke til at det ei blot er i moralske) Materier viser sig uenig med sig selv og leder Læseren i Uvished".

Denne gang er Grundtvig længere om at svare, men i maj 1815 udgiver han det 228 sider lange svar "*Imod den lille Anklager*", hvor han fører "Beviis for at Schellings Philosophie er uchristelig, ugudelig og løgnagtig" [16]. Grundtvigs hovedargument mod panteismen er, at Gud er uforanderlig. Han er den samme fra evighed til evighed, og derfor kan en guddom, der udvikler sig i og med naturen, ikke være identisk med den kristne Gud. At identificere naturens udvikling med det guddommelige er derfor at nægte Guds eksistens. Grundtvig bryder sig heller ikke om, at Gud skal erkendes gennem videnskaben, for kristendommen er ikke forbeholdt forskerne, men er tilgængelig for enhver, der har tro og samvittighed.

Grundtvig mener også, at det vigtigste spørgsmål i diskussionen med Ørsted er forholdet mellem tro og videnskab. Han understreger igen, at han ikke er imod videnskaben, men han mener, at den skal være underlagt troen, for "al Videnskabelighed som vil være selvstændig, er uchristelig og ugudelig". Religionen er ifølge Grundtvig "ikke en enkelt Green paa Kundskabstræet, men dets Rod, og ingen Green som river sig løs fra Roden kan bære Frugt."

Ørsted svarer aldrig på "*Imod den lille Anklager*", men Ørsted og Grundtvig udkæmper to mindre stedfortræderfejder i 1830–32 og 1835–1838 [17]. I 1830 udgiver landmaleren Arent Aschlund (1797/1798–1835) bogen "*Om Verdens-Bygningen*", hvor han bl.a.

angriber det heliocentriske system. Ørsted skriver en meget kritisk anmeldelse af bogen, som han udgiver anonymt, men samtiden har nok nemt ved at genkende Ørsted. Aschlund og Ørsted udveksler efterfølgende nye skrifter mod hinanden, hvor Ørsted beskylder Aschlund både for uredelighed og for overdrevne samt misforståede forsimplinger. Det får Grundtvig til at komme på banen med en støtte til Aschlunds kritik af heliocentrismen, ligesom Grundtvig roser ham for forenkle de emner, som professorerne har gjort unødigt komplicerede [18].

I 1835 udgiver en af Grundtvigs kampfæller, præsten og filologen Jacob Christian Lindberg (1797–1857), en støtte til kritikken af det heliocentriske system, og han imødegås af præsten H. C. Seerup (1788–1843), der argumenterer for, at "Christendommen og det copernikanske System [...] begge ret vel lade sig forene". Lindberg og Grundtvig afviser begge Seerups forsøg på at forlige konflikten, og i 1837 får det Ørsted til at udgive indlægget "*Christendom og Astronomie*". Ørsted skriver her i en sokratisk dialogstil, hvor Grundtvigs synspunkter forsvares af "Nordskin", der bliver grundigt irettesat af "Alfred", som repræsentant for Ørsteds synspunkter [18].

Opdagelserne

I 1820 gør Ørsted sin store opdagelse, og finder den berømte sammenhæng mellem elektricitet og magnetisme, som han selv ser som den endelige og afgørende succes for hans dynamiske projekt og idéen om, at alle kræfter stammer fra en fælles grundkraft. Han skriver senere i sin selvbiografi [19], at "Aaret 1820 var det lykkeligste i Ø.s videnskabelige Liv. Det var i dette han opdagede Elektricitetens magnetiske Virkning. Han havde ifølge Tingenes store Sammenhæng allerede i sine tidligste Skrifter² antaget, at Magnetisme og Elektricitet frembringes ved de samme Kræfter. ... Han bragtes først paa Tanken i Begyndelsen af 1820, da han skulde handle om Gjenstanden i en Række Forelæsninger over Elektricitet, Galvanismus og Magnetismus. Han havde opstillet Redskaberne til Forsøget førend Forelæsningsstimen, men kom ikke til at udføre det. Under Forelæsningen oplivedes hans Overbeviisning saaledes, at han tilbød sine Tilhørere strax at prøve Sagen. Udfaldet svarede til Forventningen; men man erholdt ikkun en meget svag Virkning".

Ørsted kommenterer også, hvorfor han udsætter den nærmere undersøgelse af det vigtige fænomen med flere måneder:

"Bebyrdet, adskillige Maaneder igjennem, med talrige Forretninger, vovede han sig imidlertid ikke til videre Forsøg. Hvorvidt en vis Tilbøielighed til at udsætte Foretagender, og benytte sine frie Øieblikke til at leve i Tankernes Rige, heri medvirkede, vil han selv ikke let kunne afgjøre."

Få år senere, i 1825 gør Grundtvig sin egen store opdagelse, som han selv ser som en parallel til Ørsteds, idet han senere skriver at "Mig blev det givet at opdage den store Naturlov for Aandens Virkning og Forplantelse", nemlig "det mundtlige Ords ubetingede

²1 "*Ansicht der chemischen Naturgesetze* ..." [3].

Nødvendighed til Livs Opvækkelse og Aandsforplantelse” [20]. Grundtvigs opdagelse (som også er blevet kaldt hans “mageløse opdagelse”) består i, at kristendommen bygger på Den apostolske Trosbekendelse og det levende ord mellem mennesker. At kristendommen således eksisterede før der var skrevet noget af det Nye Testamente, og at de første menigheder, dåben og nadveren kom før skriften, får ham til at konkludere, at “Kritiken [dvs. Bibelkritikken] ... (har) gjort os det umueligt at grunde Kirken paa og udlede Troen af Bibelen”, men at “Apostlernes Skrifter forudsætte ... Troen hos deres Læsere” [5,21].

Nordens Mythologi

I 1832 udgiver Grundtvig en “ny” udgave af “*Nordens Mythologi*”, der bliver hans hovedværk inden for hans nordiske arbejder. Her forsøger han at slutte fred med romantikerne, og i en lang indledning skriver han om forbundet mellem kristne og alle “Naturalister af Aand”, dvs. folk, der er bevidste om menneskets åndelige natur (og har “Glimt af Aand og Gnist af Sandhedskiærlighed”), hvormed han sandsynligvis har netop Ørsted i tankerne [22]. Fælleskabet mellem dem ligger i skabelsestroen, som alle med ånd må tilslutte sig, og Grundtvig forudsætter også, at naturalisterne anerkender tanken om synden, mens forskellen er, om mennesket af sig selv, dvs. ad fornuftens vej kan overvinde syndefaldet, eller har behov for den guddommelige nåde [22].

Grundtvig håber på det store “Giftermaal”: “Derfor har jeg det velgrundede Haab, at alle Nordens Naturalister, med Aand, vil af alle Kræfter være os behjælpelige til at faae det store Skole-Giftermaal istand: mellem Forstanden og den Dramatiske Poesi”. Grundtvig er heller ikke i tvivl om, at kristendommen har leveret de afgørende bidrag til ægteskabet: “Enten Man nemlig er Christen eller Hedning (Naturalist), kan Man dog umelig være Historiker, med Glimt af Aand, uden strax at see (...) at det er den alene [den højere kristelige anskuelse] som har givet den ny Folke-Verdens Tanke-Gang, Dannelse og Vidskab det Universal-Menneskelige Præg, som den gamle Verden fattedes”.

Den ovenfor nævnte stedfortræderfejde mellem Ørsted og Grundtvig betyder dog, at Ørsted ikke tager imod Grundtvigs udstrakte hånd, og de to nærmer sig ikke hinanden.

Grundtvig når til gengæld frem til et nyt videnskabssyn, hvor han ser den videnskabelige sandhed som uafhængig af religiøs opfattelse [23], og han konkluderer, at både troende og ikke-troende deler fælles humane værdier. Denne tanke udvikles i det senere digt “Menneske først, Christen saa”, hvor Grundtvig understreger det universelle ved mennesket, fordi alle mennesker er elsket og skabt af Gud i hans billede, uanset om de har mødt den kristne forkyndelse eller ej.

Aanden i Naturen

I Ørsteds sidste værk “*Aanden i Naturen*” (1849-50), der kan ses som hans filosofiske testamente, udfolder han sine tanker om naturen og guddommen. Elektro-

magnetismen er ånden i naturen, den usynlige kraft, der gennemstrømmer alt: “Alt er opfyldt med hemmelige Kredsløb, usynlige for det legemlige Øie, men klart fremgaaende for Aandens”. Det er for Ørsted klart, at der står en guddom bag, og der er en højere, men skjult mening med det hele i form af en “Fornuftsregering”: Alt i verden retter sig efter dens love, og verden er udtryk for Guds tanker. Mennesket er en idé i dyrriget, der er en idé i Jordkloden, der igen er en idé i Solsystemet, som igen er en idé i noget højere, som for os er “ufattelige ud over alle Grændser”, men “denne Uendelighed af Ideer er tillige indbefattet i én virkende Idee, en uendelige levende Fornuft” [24].

Eftersom mennesket kan erkende disse fornuftslove, må det selv besidde samme fornuft, og det fører til en sammensmeltning af naturvidenskab og religion: “Gjennem det hele Verdensalt er der udspreddt Væsner med Kundskabsevner til at fatte Gnister af Guddomslyset; og Gud aabenbarer sig for disse Væsener ved den dem omgivende Verden, vækker den i dem slumrende Fornuft ved den Fornuft, der hersker i alt Det, der gjør Indtryk på dem [...] Saaledes møde da Naturvidenskabens Sandheder fortsat mere og mere Religionens, saa at de omsider paa det inderligste maa slutte sig til hinanden” [24].

“*Aanden i Naturen*” vækker både opsigt og modstand. Biskop Jacob Peter Mynster (1775-1854) ser den som et frontalangreb på kirken, fordi Ørsteds “fornuftsrige” udfordrer de kristne dogmer. Ifølge Mynster giver naturvidenskaben ikke viden om Gud, for han kan kun tros, og troen er paradoksalt og afhænger ikke af ydre kundskaber. Teologien giver heller ikke viden om Gud, men viden om, hvad kristne tror på. Fejlen ved Ørsteds fornuftsreligion er, at ny forskning ustandseligt ændrer vor viden, så vi ved noget andet i dag end i går [24].

I bogen argumenterer Ørsted også for, at den dynamiske naturvidenskab indeholder en naturæstetik, der gør den nødvendig for kunstforståelsen. Det tilbagevises dog af digteren Christian Molbech (1821-1888), for naturen besidder efter hans mening ikke den ædlere form for skønhed, som kunstneren søger. Ifølge Molbech findes der desuden decideret uskønne væsener i naturen som sæler, søløver, kaskelothvaler og blæksprutter, mens der findes poetisk skønhed, selvom den er usand, i enhjørninger, sfinkser, engle m.m. [24]

Grundtvigs uvilje mod Ørsted er åbenbart intakt, for han omtaler bogen kritisk i en artikel i 1850, selvom han indrømmer, at han ikke har læst bogen [14]. Søren Kierkegaard læser til gengæld bogen, men er ikke imponeret: “den hele Bog er fra først til sidst, videnskabeligt d.v.s. filosofisk videnskabeligt, en Ubetydelighed; og selv der, hvor den vil være meest betydelig bevæger den sig altid i den største Ubetydeligheds ubetydeligste Vendinger” [25]. Kierkegaard havde dog også været skånselsløs i sin kritik af Grundtvigs teologi.

Eftertiden

Ørsteds filosofiske testamente ser således ikke ud til at have haft den store betydning for hverken samtiden eller eftertiden. Som nævnt var interessen dog stor, og bogen udkom i tre oplag, og blev oversat til flere sprog, bl.a.

tysk, engelsk og fransk. Hans mange overvejelser om tro og viden er til gengæld et fint eksempel på, hvordan han som naturvidenskabsmand formåede at forene sin kristne tro med sin videnskab, og også fandt motivation til at studere naturen i kristendommen. For Ørsted kom kristendommen især til at handle om Guds kærlighed til mennesker, som han så spor af i naturlovenes harmoni, fornuft og æstetik, og hvor han ikke havde brug for kirkens ritualer.

I forhold til Ørsted satte Grundtvig således et langt dybere aftryk på dansk kultur og identitet, og hans tanker har fortsat stor indflydelse på den danske politiske debat. Ørsted står til gengæld tilbage som en af Danmarks største videnskabsmænd, fordi elektromagnetismen er en af de opdagelser, der har ændret menneskers materielle vilkår mest.

Ørstedes store dynamiske teori overlevede heller ikke længe, men hans filosofiske ide om sammenhæng mellem de forskellige naturfænomener har overlevet og er fortsat en ledetråd i fysikken. Et moderne eksempel, som ville have glædet Ørsted, er Glashow, Salam og Weinbergs elektrosvage teori, der forener de elektromagnetiske kræfter med de svage kernekræfter (som bl.a. er ansvarlige for visse former for radioaktivitet). Mange fysikere har endda viet deres faglige liv til at forene den elektrosvage kraft med den stærke kernekraft i en "Grand Unified Theory" (GUT), selvom den nyeste fundamentalfysik, strengteorien og dens videreudviklinger, er meget langt fra at kunne afprøves eksperimentelt. Det ultimative mål er at inkludere tyngdekraften i en forenet "Teori Om Alting".

Fysikken har på mange områder påvirket og ændret på diskussioner, der traditionelt har tilhørt filosofiens domæne, som spørgsmålet om kausalitet, stoffets natur, eller universets oprindelse, men omvendt er både Bohrs og Einsteins bidrag til den moderne fysik også et resultat af deres kritiske filosofiske undersøgelser af den daværende fysik. Det er således ikke muligt at få en forståelse af centrale dele af det 20. århundredes fysiske verdensbillede uden filosofisk indsigt, og her lever Ørstedes tanker om det smukke og harmoniske i naturen fortsat videre.

Litteratur

- [1] H. C. Ørsted (1809) Videnskaben om Naturens almindelige Love, bd. 1. København.
- [2] Et hidtil ukendt fortryk af bogen dukkede op i 1997 og er udgivet: A. S. Jacobsen m.fl. (ed) (2003) H. C. Ørsted's Theory of Force, An unpublished textbook in dynamical chemistry. Historisk-filosofiske Meddelelser 86, Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab.
- [3] H. C. Ørsted (1812) Ansicht der chemischen Naturgesetze, durch die neueren Entdeckungen gewonnen. Berlin: In der Realschulbuchhandlung.
- [4] D. Ch. Christensen (2009) Naturens tankelæser – En biografi om Hans Christian Ørsted, 2 bind. Museum Tusculanums Forlag.
- [5] C. Thodberg og A. P. Thyssen (red) (1983) Grundtvig og grundtvigianismen i nyt lys.
- [6] K. A. Pedersen (2005) Grundtvig og fundamentalismen. Grundtvig-Studier, 56(1), 86-124.
- [7] H. C. Ørsted (2019) Breve fra og til Hans Christian Ørsted. Lindhardt og Ringhof.

- [8] N. V. Kofoed (2017) Grundtvig som selvbiograf. Lindhardt og Ringhof.
- [9] K. Jøved og A. D. Jackson (2011) H. C. Ørstedes rejsebreve. Scientia Danica. Series H, Humanistica 8 vol. 2, Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab.
- [10] H. Berg (2015) Indledningen til "En mærkelig Spaadom ogsaa om Danmark efter en gammel Haandskrift". Grundtvigs Værker (www.grundtvigsvaerker.dk).
- [11] H. C. Ørsted (1814) Anmeldelse af Grundtvigs En Mærkelig Spaadom. Dansk Litteratur-Tidende, nr. 12-13, København.
- [12] C. H. Koch (2017) Den danske idealisme: 1800-1880, Lindhardt og Ringhof.
- [13] N. F. S. Grundtvig (1814) Hvem er den falske Prophet? Hvem forvirrer Folket? Svar til Recensenten i Litt. Tid. No. 12 og 13. København. (www.grundtvigsvaerker.dk).
- [14] V. Thaulow (2015) Indledningen til "Hvem er den falske Prophet" og "Imod den lille Anklager". Grundtvigs Værker (www.grundtvigsvaerker.dk).
- [15] H.C. Ørsted (1814) Imod den store Anklager, København.
- [16] N. F. S. Grundtvig (1815) Imod den lille Anklager, det er Prof. H.C. Ørsted, med Beviis for at Schellings Philosophie er uchristelig, ugudelig og løgnagtig. København. (www.grundtvigsvaerker.dk).
- [17] H. Berg (2018) Indledningen til "Den Copernikanske Astronomi som den fjerde Troes-Artikel". Grundtvigs Værker (www.grundtvigsvaerker.dk).
- [18] H. Berg (2018) Indledningen til "[Anmeldelse af] Om Verdens-Bygningen, af A. Aschlund". Grundtvigs Værker (www.grundtvigsvaerker.dk).
- [19] A. S. Jacobsen og S. Andersen (2019) H. C. Ørstedes selvbiografi, Steno Museets Venner.
- [20] N. F. S. Grundtvig (1838) Skolen for Livet og Akademiet i Soer. København.
- [21] M. Müller (2019) Grundtvig som bibeloversætter. Tidsskriftet Fønix, s. 32-45.
- [22] N. H. Gregersen (2018) Church and Culture in Living Interaction – Grundtvig the Theologian. Trykt i "Human Comes First. The Christian Theology of N.F.S. Grundtvig" (E. Broadbridge, red), Aarhus Universitetsforlag.
- [23] O. Nyborg (2012) N. F. S. Grundtvig og naturalismen, Grundtvig-Studier 2012, s. 109-144.
- [24] H. C. Ørsted (1849-1850) Aanden i Naturen.
- [25] S. Kierkegaard (1849-50) Journalen NB14: 124; SKS 22, s. 415-416.



Jens Olaf Pepke Pedersen er seniorforsker på DTU Space, medlem af Tænk tanken Eksistensen (tt-eksistensen.dk) samt medlem af Kvants redaktion.

Fra Ørsted til Bohr

Ove Nathan

Der gik en chokbølge gennem de europæiske fysiklaboratorier, da H.C. Ørsted i 1820 opdagede elektromagnetismen. Professor Ove Nathan fører bølgen helt op til Niels Bohr.¹

Det var med en næsten henrivende veloplagthed, at H. C. Ørsted i 1820 berettede om sine forsøg med kompasnålen og den elektriske strøm. Ørsteds skrift var blot på fire sider, forfattet på datidens videnskabelige sprog latin, men den lille, latinske afhandling sendte en chokbølge gennem andre europæiske laboratorier. Det forbløffede Ørsteds noget dogmatiske samtid, at man kunne iagttage så tæt en forbindelse mellem elektriciteten og magnetismen, men kollegerne var mindst lige så forbløffede over, at denne Ørsted havde påvist eksistensen af en elementær naturkraft, der vred nålen ud til siden, og som altså måtte betegnes som skæv eller cirkulær i forhold til den elektriske ledning.

På Ørsteds tid var fysikken endnu domineret af Newtons autoritet. Med god grund, for hvad havde Isaac Newton dog ikke kunnet forklare i sit storværk *Principia* 130 år før Ørsted. Newton havde med overbevisende nøjagtighed beskrevet hele den himmelske mekanik ud fra en enkelt naturkraft, tiltrækningen mellem to masser, en kraft, der virker så simpel, rettet, som den er, efter forbindelseslinien mellem to massepunkter, og formet med et enkelt matematisk udtryk. Newtons billede af en centralt rettet kraft med en enkel matematisk form havde den franske fysiker Charles Coulomb endda kunnet genfinde 100 år efter Newton i vekselvirkningen mellem to statiske, elektriske ladninger. Derfor var Ørsteds samtid overbevist om, at centralkraften måtte være prototypen på en fundamental naturkraft. Nej, siger så Ørsted, der er også skæve naturkræfter til, sådan er elektromagnetismen. Og gennem et halvt århundrede efter Ørsted blev dette fænomen det store hit i europæisk fysik.

Englænderen Michael Faraday formulerede nye idéer om noget, han kaldte elektriske og magnetiske kraftlinier, og skotten James Clerk Maxwell satte kronen på værket med en almindelig teori, som overraskende kunne knytte forbindelsen mellem elektromagnetismen og lyset sammen. Mer' end det. Maxwell havde en ganske anden angrebsvinkel end Newton. Hos Newton er massetiltrækningen fx mellem Solen og Jorden en øjeblikkelig virkende kraft, der så at sige signalerer tiltrækningen på afstand, og øjeblikkeligt, over store distancer. Og sådan var det universelle billede af en naturkraft endnu i 1870, på Maxwells tid. En øjeblikkelig fjernvirkning, kan man sige. Nej, siger Maxwell. Elektromagnetismen signaleres ved udbredelse af noget, jeg kalder det elektriske og magnetiske felt, og udbredelsen er ikke øjeblikkelig – den sker med lysets hastighed. En elektrisk ladning på afstand reagerer først, når feltet når frem til ladningen, og ladningen reagerer på feltet i ladningens umiddelbare omegn. Det er fjernvirkning

kontra nærvirkning, øjeblikkelig virkning kontra endelig udbredeshastighed. Filosofisk set genoplivede Maxwell faktisk en gammel, såkaldt hvirvelidé af René Descartes, en idé, som Newton med ildhu havde bekæmpet. Men Descartes' hvirvler var nu også meget spekulative.

Maxwells succes med elektromagnetismen var eklatant, men der kom problemer i succesens kølvand. Den tids teoretiske fysikere kom nemlig i vanskeligheder, når de overvejede, hvad der skete, når man analyserede elektriske og magnetiske fænomener i to henførelsessystemer, der bevægede sig jævnt i forhold til hinanden. Fx hvis det ene system var knyttet til den faste jord og det andet til et jævnt rullende tog. Der var noget i de Maxwellske ligninger, der var på kant med mekanikken. Med et snuptag løste den unge Albert Einstein i 1905 denne knude, da han formulerede sin specielle relativitetsteori. Einsteins teori kunne se nok så uskyldig ud, når det tog, jeg just nævnte, bevæger sig med almindelige hastigheder. Så tager den Einsteinske mekanik sig ud næsten som hos Newton. Men bevæger toget sig med hastigheder nær lysets hastighed, så afviger Einstein dramatisk fra Newton. Og konsekvenserne er ganske alvorlige, når man med Einstein tager fat på rum og tid.

Begrebet samtidighed får et indhold, der afviger fra det Newtonske. Einsteins teori fra 1905 kaldes den specielle relativitetsteori, fordi den kun angår de specielle systemer, der bevæger sig jævnt i forhold til hinanden. Gennem ti følgende år kæmpede Einstein for at almindeliggøre teorien, så den også kunne dække fænomener i accelererede systemer. Einstein tog altså fat på fysikkens ligninger, som de må se ud for en iagttager, der befinder sig i et tog, der bremser, eller i en elevator, der falder frit, når elevatorkablet er skåret over. Alt hos Einstein er nu feltteori, nærvirkning, og i 1915 kunne han så publicere sit mesterværk, den almene relativitetsteori. Einsteins store opdagelse i den almene teori var forbindelsen mellem acceleration og tyngde. Hvad der var startet hos Ørsted med elektromagnetismen og udviklet hos Maxwell til en elektromagnetisk feltteori, det var nu mirakuløst blevet til en langt mere omfattende feltteori, hvor man kunne vende tilbage til Newton og anskue også massetiltrækningen i et nyt lys. Hos Einstein er også massetiltrækningen blevet til en nærvirkning, tyngden er blevet til en lokal, geometrisk egenskab ved rummet, og tyngdefeltet er blevet til noget, der udbreder sig med lysets hastighed.

Ørsted blev i sin tid i første omgang mødt med skepsis, Faraday og Maxwell ligeså. Einsteins almene relativitetsteori blev i 1915 også opfattet af mange kolleger som spekulativ snak, og man følte sig ikke

¹ Artiklen er tidligere udgivet som kronik i Politiken den 13. januar 1999 og bringes med tilladelse fra Politiken.

overbevist af hans forudsigelse af en forbindelse mellem lys og tyngde. Einstein havde regnet på afbøjningen af en lysstråle fra en fjern stjerne, når strålen bevæger sig tæt forbi Solens enorme tyngdefelt. Og den almene relativitetsteori giver et resultat for afbøjningen, som er markant anderledes end det resultat, der kommer ud af den gammeldags, Newtonske mekanik. Kunne Einstein mon have ret? Så kom året 1919 med en total solformørkelse, hvor den almene relativitetsteori kunne sættes på en prøve. Og det viste sig så, at Einstein fik ret, kun hans teori kunne gøre rede for astronomernes observationer, og det med stor præcision. Den gamle, Newtonske mekanik forudsagde en afbøjning, der kun var halvt så stor som den målte. Så stor var sensationen, at The Times i London lancerede nyheden under overskriften "NEWTONIAN IDEAS OVERTHROWN". En voldsom påstand for en britisk avis, for hvilken Sir Isaac Newton altid havde været et urørligt koryfæ. Og måske også lidt uretfærdigt over for gamle Newton, hvad jeg skal vende tilbage til om et øjeblik. New York Times fulgte op et par dage efter med lignende overskrifter. Einstein blev kåret til dette århundredes Newton. Men målet var endnu ikke fuldt for Newton. Under hele udviklingen fra Ørsted over Maxwell til Einstein beholdt Newton dog en solid bastion: den strengt kausale beskrivelse, princippet om årsag og virkning.

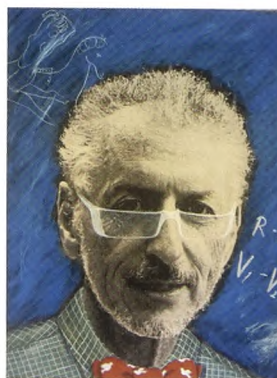
I Jordens bane omkring Solen kan Newton mikrosekund for mikrosekund gøre rede for de to legemers nøjagtige placering og hastighed. Kender man systemets tilstand til et bestemt tidspunkt, er fremtiden rent principielt til at beregne for dette system af to masser. Men tvivlen var begyndt at nage. To år før Einsteins almene relativitetsteori havde den unge Niels Bohr åbnet et vindue til mikroverdenens mekanik. Bohr havde undersøgt brintatomet med stor succes, men undervejs havde han måttet indføre et nyt og uvant kvantepincip, og samtidig måtte han kvitte dele af den gamle mekanik. Det var prisen for succesen, og Bohr måtte allerede i 1913 sætte det første lille spørgsmålstegn ved det hævdevundne kausalitetsprincip. Bohrs elektroner vidste så at sige på forhånd, hvilke tilstande de ville hoppe over i, og det blev meningsløst at spørge om, hvor elektronerne befandt sig under deres spring fra en kvantetilstand til en anden. Det store opgør med kausaliteten i mikroverdenen kom i 1925, da tyskeren Werner Heisenberg formulerede sin kvantemekanik, tæt fulgt af østrigeren Erwin Schrödinger og englænderen Paul Dirac.

Kvantemekanikken indeholder en principiel ubestemthed, sådan at forstå at man ikke i mikroverdenen på samme tid kan fastlægge sted og hastighed. Kender man elektronens energi ganske nøjagtigt, smutter den så at sige ud mellem fingrene på én, elektronens sted bliver ganske ubestemt. Newton var en stridbar herre, og han ville med god grund have været forbitret over overskriften i The Times. Havde han kunnet kommentere i dag, ville han have udbrudt: skulle mine idéer være kuldskastede? Sludder og vrøvl, Månen, planeterne og kometerne følger med lige stor nøjagtighed mine forudsigelser nu i 1999, som de gjorde det i 1687, på min tid. Og Ørsted, Faraday, Maxwell, Einstein, Bohr

og Heisenberg ville stemme i og sige: Newton har da ret. Vi andre har udvidet Sir Isaacs begrebsramme, men når vi anvender vores moderne teorier på hans fænomener, er der ingen modsigelse. Når hastighederne er moderate, når tyngdefelterne er moderate, og når man holder sig fra atomernes mikroverden, så går den moderne fysik lige så stille og jævnt over i den gamle.

Eftertidens fysik har suppleret Newton med elektromagnetisme og med særegne fænomener langt uden for hans forestillingskreds, og i disse områder holder Newton altså ikke. Det er der ikke noget at sige til. Det er, hvad man måtte forvente. Også det ny syn på kausaliteten er knyttet til mikroverdenens fysik. Det ubestemthedsprincip, der forbyder samtidig bestemmelse af en elektrons hastighed og position, er uden betydning, hvis sagen drejer sig om en flyvemaskine eller en planet.

Men på ét punkt kan man sige, at »Newtons ideas are overthrown«, at Newtons idéer er kuldskastede. Jeg tænker på den Newtonske, øjeblikkelige fjernvirkning. Siden Maxwell er det blevet almindelig accepteret, at en forsinket nærvirkning er en mere hensigtsmæssig beskrivelse af naturen end en øjeblikkelig fjernvirkning. Den teoretiske angrebsvinkel i fysikken, der er knyttet til det matematiske begreb et felt, har vist sin styrke i beskrivelsen af alle elementære naturprocesser. Feltteorier er ikke kun matematiske teorier. Feltteorier har forsynet fysikken med ekstremt nøjagtige forudsigelser, der siden er blevet verificeret eksperimentelt. Hm – ville Newton måske grynte fra sin plads i Westminster Abbey, det argument må jeg bøje mig for. Jeg har hele tiden pointeret, at mine teorier var gode, fordi de virkede – og hvis den moderne tids præcisionsmålinger bekræfter jeres moderne tanker om felt og nærvirkning, så må jeg overgive mig. Og i tilgift er jeg da glad for, at jeg nu forstår min egen tyngdelov meget bedre efter at have læst Einstein. Nu forstår jeg, hvorfor min kraftlov nødvendigvis måtte indeholde afstanden mellem kraftcentre i nøjagtig anden potens. Og jeg forstår, at tyngdemasse og inertimasse må være nøjagtig lige store. Jeg sover roligt videre. Og stemmen fra Westminster Abbey forstummede igen. Og kunne Ørsted kommentere, ville han måske sige: Hvor er det spændende, at jeg blev dåseåbneren, der åbnede for en ny tids fysik. Jeg har hele tiden følt, at der er mange skjulte sammenhænge i naturen, som vi fysikere må forsøge at afdække. Tænk, at min lille kompasnål og mit galvaniske batteri kunne føre så vidt omkring.



Ove Nathan (1926-2002) var professor i eksperimentel kernefysik ved Niels Bohr Institutet. I perioden 1982-94 var han rektor ved Københavns Universitet.

Fra Ørstedes opdagelse af elektromagnetisme til det moderne trådløse samfund

Samel Arslanagić og Olav Breinbjerg, Faggruppen for Elektromagnetiske Systemer, DTU Elektro

Den geniale opdagelse af elektromagnetisme i 1820 af H. C. Ørsted var en vigtig forudsætning for James C. Maxwells teoretiske forudsigelse af elektromagnetiske bølger i 1864 samt Heinrich R. Hertz' eksperimentelle verifikation af deres eksistens i 1888. Elektromagnetiske bølger præger vores liv på et utal af måder og danner grundlag for en række teknologier, som vores moderne samfund hviler på. I nærværende artikel gennemgår vi kort egenskaberne af elektromagnetiske bølger og deres rolle i elektromagnetiske systemer for kommunikation, telemåling og energioverførsel.

Fra Ørsted til elektromagnetiske bølger

Før Ørsted betragtedes elektricitet og magnetisme som to adskilte discipliner. Elektricitet blev forklaret ud fra elektriske ladninger, enten i hvile eller i bevægelse (elektrisk strøm), mens magnetisme udelukkende blev beskrevet med magnetiske ladninger (poler) uden henvisning til elektricitet. Denne opfattelse blev dog for evigt ændret i 1820, da Ørsted opdagede, at en magnetiseret kompasnål blev påvirket af en elektrisk strøm passerende igennem en nærliggende metaltråd [1]. Det var klart for Ørsted, at den elektriske strøm (egentlig benævnt som den elektriske konflikt i [1]) forårsagede en kraft på kompasnålen, og at der derfor er et uløseligt forhold imellem elektricitet og magnetisme. De to grundlæggende kræfter i elektricitet og magnetisme blev fra nu af betragtet som en enkel, elektromagnetisk kraft manifesteret igennem et nyt videnskabeligt felt, som Ørsted døbte elektromagnetisme.

Ørstedes opdagelse bidrog i høj grad til udviklingen af den klassiske elektromagnetiske feltteori, som blev fuldendt af Maxwell i 1864 med hans geniale teoretiske forudsigelse af elektromagnetiske bølger, og endegyldigt af Hertz i 1888, som leverede et eksperimentelt bevis på deres eksistens. Maxwell konkluderede bl.a., at alle elektromagnetiske fænomener kan beskrives med blot fire ligninger, i dag kendt som Maxwells ligninger, givet ved (tiden er angivet med symbolet t [s]) [2]:

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\partial \mathbf{B} / \partial t, \quad (1a)$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \partial \mathbf{D} / \partial t, \quad (1b)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho, \quad (1c)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (1d)$$

hvor $\mathbf{E}$ [V/m] er den elektriske feltstyrke, $\mathbf{B}$ [T] er den magnetiske fluxtæthed, $\mathbf{H}$ [A/m] er den magnetiske feltstyrke, og $\mathbf{D}$ [C/m²] er den elektriske fluxtæthed. Operatorene $\nabla \times$ og $\nabla \cdot$, hvor ∇ er den såkaldte nabla-operator, angiver henholdsvis rotation og divergens af de involverende felter [2, 3]. Kilderne til felterne er ladninger og strømme angivet i (1) som rumladningstæthed ρ [C/m³] og rumstrømtæthed $\mathbf{J}$ [A/m²]. Når disse varierer i tid, ses det af (1), at felterne ikke er uafhængige af hinanden: en tidslig variation af et magnetisk felt

inducerer et elektrisk felt, og omvendt. Det er netop disse forhold, som muliggør elektromagnetiske bølger.

Lad os for at illustrere essensen af bølger betragte et sæt af felter, hvor $\mathbf{E}$ -feltet kun har én x -komponent, mens det tilhørende $\mathbf{H}$ -felt kun har én y -komponent. Felterne eksisterer i et medium med permittivitet ϵ [F/m] og permeabilitet μ [H/m], og er givet ved:

$$\mathbf{E} = \mathbf{a}_x E_x(z, t) = \mathbf{a}_x E_x(t - z/v), \quad (2a)$$

$$\mathbf{H} = \mathbf{a}_y H_y(z, t) = \mathbf{a}_y H_y(t - z/v), \quad (2b)$$

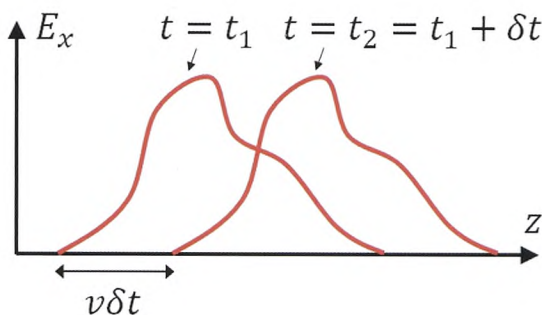
hvor $E_x(t - z/v)$ er $\mathbf{E}$ -feltets x -komponent, som afhænger af argumentet $(t - z/v)$, $H_y(t - z/v)$ er $\mathbf{H}$ -feltets y -komponent, som afhænger af det samme argument, z [m] er den rumlige stedkoordinat, t er tiden, og v [m/s] er en ukendt konstant. Det vises let, at (2) opfylder Maxwells ligninger, såfremt v er givet ved:

$$v = 1/\sqrt{\epsilon\mu}. \quad (3)$$

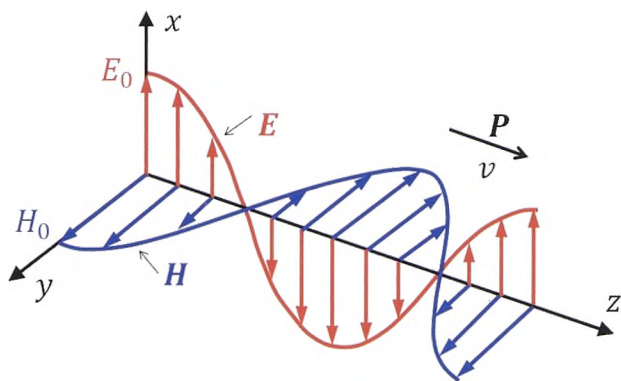
Hvad repræsenterer felterne i (2) egentlig? For at svare på dette betragter vi $\mathbf{E}$ -feltet ved to forskellige tider $t = t_1$ og $t = t_2 = t_1 + \delta t$, hvor $t_2 > t_1$. Det følger, at $E_x(z, t_1) = E_x(t_1 - z/v)$, mens $E_x(z, t_2) = E_x(t_1 - (z - v\delta t)/v) = E_x(z - v\delta t, t_1)$. Feltet i et arbitrært punkt z til det senere tidspunkt t_2 er det samme som feltet i en afstand $v\delta t$ til venstre for z beregnet til det tidligere tidspunkt t_1 . Dette er lige præcis, hvad bølgeudbredelsen handler om! Funktionen $\mathbf{E} = \mathbf{a}_x E_x(z - t/v)$ repræsenterer en bølge, som udbreder sig i den positive z -retning med udbredelseshastighed v givet ved (3). Disse forhold, som også gælder for det tilhørende $\mathbf{H}$ -felt, er grafisk illustreret i figur 1(a).

Indsættes $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ [F/m] og $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ [H/m] for et tomt rum i (3), fås $v = 3 \cdot 10^8$ [m/s] svarende til lysets hastighed i det tomme rum. Lyset må altså være en elektromagnetisk bølge! Det kommer som ingen overraskelse i dag, men var en enestående opdagelse for Maxwell, som dermed fik indlemmet optik inden for elektromagnetismen. Hvad der ydermere er bemærkelsesværdigt, er, at elektromagnetiske bølger kan udbrede sig selv i det tomme rum. De behøver, i modsætning til fx lydbølger, intet medium for at udbrede sig. Stjernelyset, vi ser om natten, har udbredt sig gennem kolossalt store områder af næsten tomt rum.

(a)



(b)



Figur 1. (a) Illustration af bølgeudbredelse. (b) Tidsharmoniske elektromagnetiske bølger.

De såkaldte tidsharmoniske bølger er af særlig interesse i alle trådløse systemer. For eksemplerne i (2) er disse givet ved [3]:

$$\mathbf{E} = \mathbf{a}_x E_0 \cos(\omega t - kz), \quad (4a)$$

$$\mathbf{H} = \mathbf{a}_y H_0 \cos(\omega t - kz), \quad (4b)$$

hvor E_0 [V/m] og H_0 [A/m] er de respektive felter amplituder, mens argumentet af cosinusfunktionen repræsenterer faseren. Symbolet $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$ betegner vinkelfrekvensen, hvor f [Hz] er frekvensen og T [s] er feltets periode. Symbolet $k = \omega/v = 2\pi/\lambda$ [m⁻¹] er bølgetallet, hvor $\lambda = v/f$ [m] er feltets bølgelængde (rumlige periode). Felterne er periodiske i tid med perioden T , og i rum med perioden λ . Feltets tidslige variation bestemmes af frekvensen f , mens dets rumlige variation bestemmes af bølgetallet k . Felterne i (4) repræsenterer bølger, som udbreder sig i den positive z -retning; deres grafiske visualisering er inkluderet i figur 1(b). Der er en mangfoldighed af elektromagnetiske bølger såsom lys, radio- og mikrobølger, ultraviolet stråling og x-rays. Selvom de adskiller sig i frekvens, brug, og måden at generere dem på, så har de alle det til fælles, at de udbreder sig med en hastighed givet ved (3).

Mens elektromagnetiske felter kan oplagre energi, så kan elektromagnetiske bølger overføre denne energi. Sollyset indeholder som bekendt energi, som opvarmer Jorden. Utallige praktiske anvendelser af elektromagnetiske bølger som fx radiosendere i trådløse systemer,

mikrobølgeovne og ikke mindst lasere, gør alle flittigt brug af energien indeholdt i disse bølger. Ud fra en elektromagnetisk sammenhæng beskrives energioverførsel som den energi, der overføres per enhedstid per enhedsareal, eller som effekt per enhedsareal, hvor arealet er vinkelret på udbredelsesretningen. Vi taler altså om en effekttæthedsfunktion, som kan vises at være givet ved [3]:

$$\mathbf{P}(t) = \mathbf{E} \times \mathbf{H} \quad [\text{W/m}^2]. \quad (5)$$

også kendt som Poyntings vektor efter John H. Poynting. Dens størrelse angiver den øjeblikkelige effekt, som strømmer igennem et enhedsareal, når en bølge udbreder sig, mens dens retning angiver energiudbredelsesretningen. Den sidstnævnte er selvklaart sammenfaldende med udbredelsesretningen for bølgen, som det også er vist på figur 1(b).

Elektromagnetiske systemer

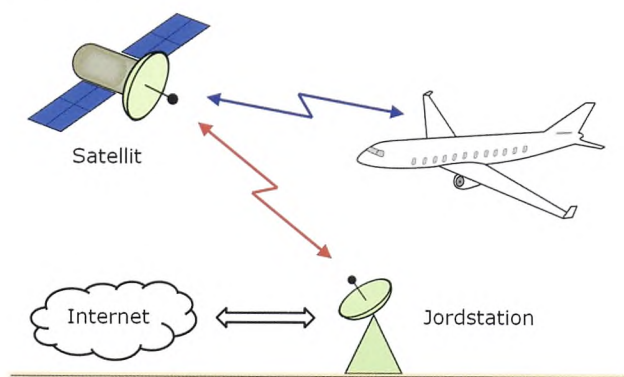
Elektromagnetiske bølger danner grundlag for utallige elektromagnetiske systemer og teknologier. Mange af disse er trådløse, og nogle få eksempler herpå vil blive beskrevet i det følgende. Trådløse systemer kan groft sagt inddeles i blot tre kategorier: 1) *trådløs kommunikation* [4], hvor der aktivt sendes information fra en part til en anden, som det kendes fra radio og TV, eller aktivt imellem to parter som i mobilkommunikation; 2) *trådløs telemåling* [5], hvor en part modtager information fra en anden eller fra noget andet, som ikke aktivt sender information; det kan fx være en flyradar eller en sikkerhedsscanner i lufthavnen; 3) *trådløs energioverførsel* (eller *effektoverførsel*) [6], hvor det ikke er informationen i bølgen, som er af interesse, men energien; det fremmeste eksempel er selvfølgelig Solens lys, der leverer al Jordens energi, mens et mere dagligdags eksempel er trådløs opladning af batteriet i mobiltelefonen. I det følgende beskrives en konkret anvendelse inden for hver af disse tre kategorier.

Trådløs kommunikation: Mobilt internet

I dag er vi allerede vant til at have adgang til internettet ikke blot fra faste computere derhjemme, men fra bærbare computere, smartphones og tablets mange af de steder vi færdes – på gaden, i bilen, i bussen, i toget, på skibe, og endda på flyrejser; det mobile internet er en realitet. I løbet af nogle få år vil det ovenikøbet blive både bedre og hurtigere, når det såkaldte 5G-netværk er etableret [7].

Som det er tilfældet for mobil kommunikation, er mobilt internet baseret på trådløs overførsel af information både fra og til antenner i vores trådløse enheder. Disse antenner modtager og sender mikrobølger fra og til antennerne på de faste basisstationer og routers, der udgør knudepunkterne i de mobile netværk og trådløse netværk. Ved at kode og modulere mikrobølgerne, dvs. at påtrykke mikrobølgerne specielle tidslige variationer, kan man overføre den ønskede information. Mikrobølger er elektromagnetiske bølger med en frekvens mellem 300 MHz og 300 GHz. Indtil nu har mobil- og trådløs kommunikation kun udnyttet frekvenser under 6

GHz, men med 5G sigtes efter højere frekvenser op til 60 GHz.



Figur 2. Illustration af mobilt internet på fly.

Det er forholdsvis nyt med mobilt internet på fly og skibe; denne teknologi er fortsat under kraftig udvikling, og den er da også særligt udfordrende, da den ikke kan baseres udelukkende på faste, landbaserede basisstationer. I stedet kommunikerer der via satellitter i kredsløb om Jorden og satellit-jordstationer til det almindelige internet (se figur 2). Den trådløse kommunikation følger en lang vej: passagerernes bærbare PC, smartphone eller tablet kommunikerer i første omgang trådløst med en router inde i flyet, denne kommunikerer via en trådet forbindelse til flyets ydre antenne, som kommunikerer trådløst med en satellit, der igen kommunikerer trådløst med en jordstation, der igen kommunikerer trådløst med en jordstation, der igen kommunikerer trådløst med en jordstation. Al den trådløse kommunikation er mikrobølger; inde i flyet anvendes frekvenser under 6 GHz som i almindelige trådløse netværk; men mellem fly og satellit anvendes frekvenser fra 10 til 40 GHz (de såkaldte Ku-, K-, og Ka-frekvensbånd). En anden væsentlig forskel er, at antennerne i flyet er rundstrålende for at sikre forbindelse uafhængigt af siddepladsen, mens den ydre antenne er meget direktiv, da den kun skal kommunikere i retningen af satellitten.

Der anvendes i dag oftest geostationære satellitter, som i deres kredsløb 36.000 km over Jordens overflade står stille i forhold til Jorden. Da flyet bevæger sig, vil retningen til satellitten ændre sig med tiden, og det betyder, at den ydre antenne skal kunne ændre sin kommunikationsretning. På grund af aerodynamiske forhold kan man ikke anvende fx en reflektorantenne, som drejes mekanisk. I stedet anvendes en avanceret type af antenne, som består af en gruppe af flade og små antenneelementer, og ved at tidsforskyde signaler til de enkelte elementer kan man ændre kommunikationsretningen uden nogen mekanisk drejning af antennen. Man kalder disse antenner fasestyrede antennegrupper (phased arrays) [4].

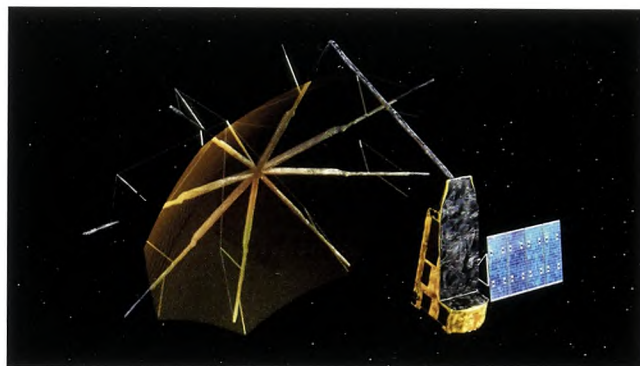
På grund af den lange vej fra fly til satellit og derefter fra satellit til jordstation reduceres mikrobølgens effektæthed væsentligt undervejs. Der arbejdes derfor på at anvende satellitter i lavere kredsløb, de såkaldte Low-Earth-Orbit (LEO)-satellitter i en højde af blot et par tusinde kilometer. Disse er til gengæld ikke stationære, men kredser Jorden rundt på blot et par timer. Det vil derfor kræve, at flyets ydre antenne

kan ændre kommunikationsretning meget hurtigt og desuden skifte fra den ene LEO-satellit, der forsvinder bag horisonten, til en anden synlig LEO-satellit uden tab af kommunikationen. Der foregår i dag en intens udvikling inden for antennteknologien for at overkomme disse udfordringer.

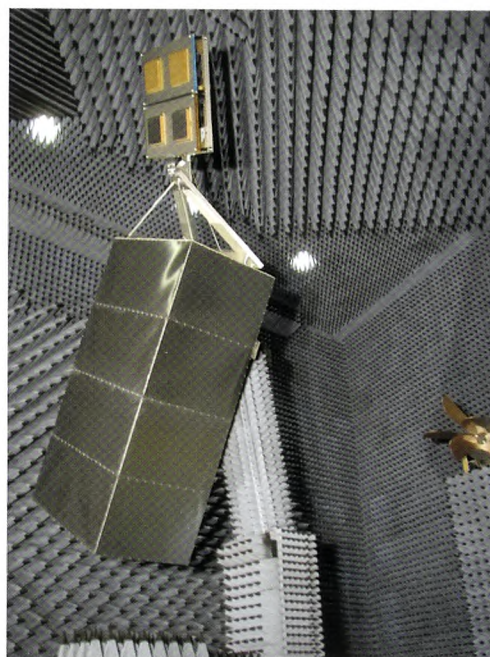
Trådløs telemåling: BIOMASS

Det Europæiske Rumagentur ESA (European Space Agency) planlægger opsendelse af BIOMASS-satellitten i 2022; fra en højde af ca. 650 km skal satellitten måle indholdet af biomasse i Jordens skove med en syntetisk apertur-radar, som giver en høj rumlig opløsning. Satellittens radarantenne sender en 435 MHz-mikrobølge ned mod et område på Jorden, hvorfra mikrobølgen spredes tilbage mod satellitten for dér at blive modtaget af samme radarantenne. Avanceret signalanalyse gør det efterfølgende muligt at beregne mængden af biomasse inden for det belyste område på Jorden. BIOMASS-missionen vil bidrage med vigtig viden om tilstanden af og ændringer i Jordens skove og om deres rolle i den globale CO₂-cyklus [8], [9].

(a)



(b)



Figur 3. Kunstnerisk gengivelse af BIOMASS-satellitten i rummet (a) og satellittens DTU-måle-model (b).

Radarantennen er en central del af BIOMASS-satellitten, og meget vil afhænge af, at denne antenne fungerer korrekt. Der er tale om en reflektor-antenne, som kendes fra satellit-tv-antenner på hustage, dog med den væsentlige forskel, at BIOMASS-satellitens reflektor vil være 12 m i diameter. Reflektoren må derfor være foldet sammen under opsendelsen af satellitten, og den bliver først foldet ud, når satellitten har nået sit kredsløb. Reflektoren har den vigtige funktion at fokusere mikrobølgen på et lokaliseret område på Jorden; men reflektoren er i sig selv en passiv struktur, og den skal belyses af den såkaldte føde-antenne. Mens reflektoren sidder på en arm ud fra satellitten, sidder føde-antennen tæt på satellitten med forbindelse til det elektroniske sender- og modtagerudstyr inde i satellitten, se også figur 3(a).

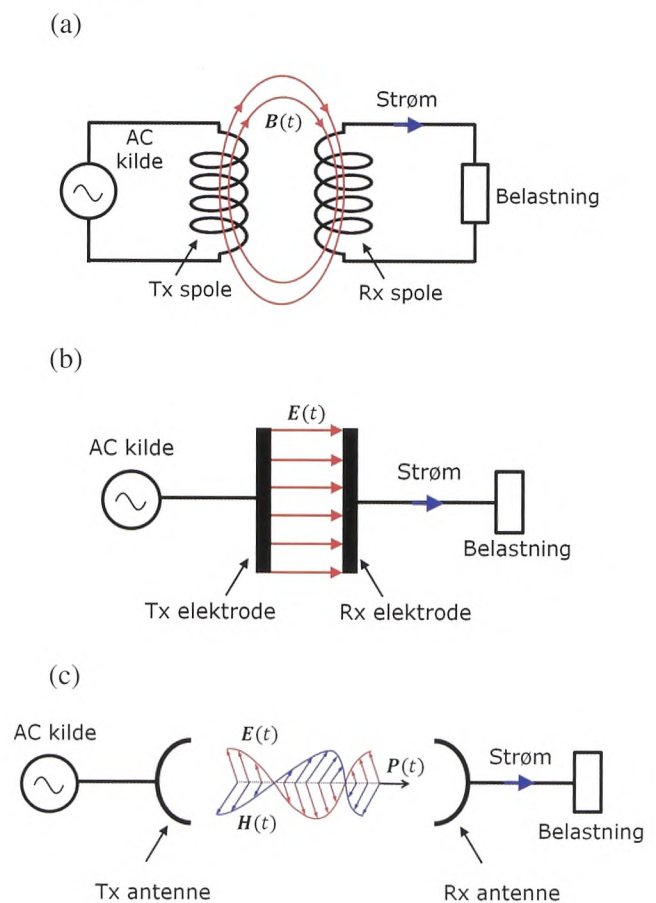
Alt udstyr, som sendes ud i rummet, må først testes meget grundigt på Jorden; dette gælder ikke mindst antenner. Sådanne tests foretages i radiodøde rum, som med en ydre skærm (et Faradaybur) og en indre beklædning af absorbenter på gulv, loft og vægge sikrer, at der ikke er nogen uønsket indstråling eller refleksioner, som forstyrrer målingen. Man genskaber så at sige de samme forhold som i det tomme verdensrum. I dag findes sådanne radiodøde rum mange steder, da de bliver brugt til test af al tænkelig trådløs teknologi; men der kræves en særlig nøjagtig type af radiodødt rum til test af satellitantenner, hvor der er meget høje krav til nøjagtigheden. Danmarks Tekniske Universitet (DTU) har et sådan radiodødt rum, som benyttes i samarbejde med ESA under navnet DTU-ESA Spherical Near-Field Antenna Test Facility. Dette navn hentyder til den ganske særlige måleteknik baseret på en sfærisk vektorbølgeudvikling af antennens udstrålede mikrobølge; en teknik, som er udviklet på DTU, og som sikrer den særligt høje nøjagtighed af målingerne [10], [11].

Som led i forberedelsen af BIOMASS-missionen har DTU udført en række målinger og tests af føde-antennen, se figur 3(b) [12]. Føde-antennen er en dobbelt-polariseret antennegruppe med 4 kvadratiske antenneelementer på i alt ca. 1 m^2 , som sidder øverst på en model af den $1075 \text{ mm} \times 1610 \text{ mm} \times 3000 \text{ mm}$ rektangulære satellit. Føde-antennen og satellitmodellen er monteret på et tårn, som roterer om både en vertikal og en horisontal akse, således at udstrålingen fra føde-antennen kan måles i alle retninger med den mindre laboratorieantenne, som også ses på billedet. Der er tale om en såkaldt nærfeltsmåling med ca. 6 m afstand mellem testantennen og laboratorieantennen; men efterfølgende kan det så beregnes, hvordan udstrålingen vil være på længere afstand i det såkaldte fjernfelt – fx de ca. 650 km fra BIOMASS-satellitens kredsløb til Jorden. På billedet ses også de kegleformede absorbenter i det radiodøde rum, som sikrer en refleksionsfri måling.

Trådløs energioverførsel: Batteri-opladning

Idéen om trådløs energioverførsel er slet ikke ny og kan siges at have sine rødder i Faradays opdagelse af elektromagnetisk induktion, fremkomst af transformere i 1800-tallet, og ikke mindst i Nikola Teslas banebrydende eksperimenter fra 1899, hvor energien for

første gang blev overført trådløst [13, 14]. Energien kan grundlæggende overføres trådløst via en induktiv kobling, en kapacitiv kobling, eller med elektromagnetiske bølger [6, 15]. De to førstnævnte mekanismer baserer sig på nærfeltet, mens den tredje udnytter fjernfeltet eller bølger. I induktiv kobling, se figur 4(a), haves en senderspole (Tx) og en modtagerspole (Rx). Der sendes en tidsvarierende strøm igennem sender-spolen. Denne genererer et tidsvarierende B -felt igennem modtagerspolen, som via Faradays induktionslov (som kan forklares via Maxwells ligning (1a)), inducerer en strøm, der kan leveres til en belastning. En variation af den induktive kobling udnytter magnetiske resonanser, hvor man i tilgift til spoler også har kondensatorer i systemet. I den kapacitive kobling, se figur 4(b), overføres energien via det tidsvarierende E -felt imellem sender- og modtager-elektroder. I tilfælde af elektromagnetiske bølger fokuseres energien skarpt fra en senderantenne til en modtagerantenne, se figur 1(c). Energien kan også overføres i form af lys i systemer, hvor en laser benyttes på sendersiden, mens modtageren indeholder en fotovoltaisk celle.



Figur 4. Trådløs energioverførsel via induktive (a) og kapacitive (b) koblinger og elektromagnetiske bølger (c).

Mens radio- og mikrobølger blev foreslået til fx solenergi-satellitter, hvor store solpaneler på satellitten opfanger Solens lys og sender den videre til Jorden, så er nærfelts-mekanismerne dominerende, når det kommer til de mere gængse forbrugeranvendelser såsom opladning af mobiltelefoner, bærbare computere og tablets, og sågar elbiler.

Elbiler og elbusser vinder utvivlsomt frem – og inden længe måske ellastbiler, eltog, og endda elfly. Elbilens energi kommer fra et stort batteri, som må oplades, når energien er brugt under transport. I dag oplades elbilens batteri næsten udelukkende via en ledning fra en fast ladestander (vi ser bort fra hybridbilerne, hvor batteriet også kan oplades fra motoren, når denne kører på benzin); men der arbejdes ihærdigt på at gøre trådløs opladning af elbiler praktisk muligt. I 2007 fik trådløs energioverførsel et væsentligt skub efter en gruppe forskere på MIT, USA, overførte 60 W trådløst over en afstand på 2 meter via den magnetiske resonans [16]. Netop denne teknologi anvendes i utallige af de ovenfor omtalte anvendelser, med fokus rettet især mod trådløs opladning af elbiler. Mens teknologien fra MIT udelukkende bruges til at oplade biler, som står stille, er der i dag en stor interesse for at kunne oplade elbiler i bevægelse, for hvilke rækkevidden og opladningstiden er faktorer uden stor betydning. Der bliver snakket om hele vejnetværk med elektriske opladningsbaner med indbyggede trådløse opladere; i Sydkorea blev en dynamisk opladning af en elbus demonstreret for nyligt over en vejbane på 48 km [17]. Disse og mange andre aktiviteter er stadig under hastig udvikling, og de forventes at fremme udviklingen og kommercialiseringen af teknologien i den nære fremtid.

Afsluttende bemærkninger

Opdagelsen af elektromagnetisme i 1820 af H. C. Ørsted var en vigtig forudsætning for Maxwells teoretiske forudsigelse af elektromagnetiske bølger i 1864 samt Hertz' eksperimentelle verifikation af deres eksistens i 1888. Elektromagnetiske bølger omgiver os alle og danner grundlag for en række teknologiske anvendelser af kolossal betydning for det moderne samfund. Vi har i denne artikel gennemgået egenskaberne af elektromagnetiske felter og bølger samt deres vitale rolle i konkrete trådløse systemer for kommunikation, telemåling og energioverførsel.

Litteratur

- [1] H. C. Ørsted (1820) "Experimenta circa Effectum Conflictus Electricitatis in Accum Magneticam," genoptrykt i H. C. Ørsted, "The discovery of electromagnetism made in the year 1820 by H. C. Ørsted," A. Larsen, København, 1920.
- [2] J. C. Maxwell (1954) A Treatise on Electricity and Magnetism, 3. udg., Dover, New York.
- [3] D. K. Cheng (1989) Field and Wave Electromagnetics, 2. udg., Addison-Wesley.
- [4] W. L. Stutzman og G. A. Thiele (2013), Antenna Theory and Design, 3. udg., John Wiley & Sons, New Jersey.
- [5] C. Elachi og J. V. Zyl (2006) Introduction to the Physics and Techniques of Remote Sensing, 2. udg., Wiley-Interscience, New Jersey.
- [6] J. I. Agbinya (2015) Wireless Power Transfer, 2. udg., River Publishers.

- [7] <https://www.itu.int/en/mediacentre/backgrounders/Pages/5G-fifth-generation-of-mobile-technologies.aspx>
- [8] K. Scipal (2017) "The BIOMASS Mission – ESAs P-Band Polarimetric, Interferometric SAR Mission", Proc. of Int. Geoscience and Remote Sensing Symp. s. 8127837.
- [9] https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/The_Living_Planet_Programme/Earth_Explorers/Biomass
- [10] http://www.ems.elektro.dtu.dk/research/dtu_esa_facility
- [11] J. E. Hansen (ed.) (1988) Spherical Near-Field Antenna Measurements, Peter Peregrinus Ltd., London.
- [12] S. Pivnenko, O. S. Kim, J. M. Nielsen, O. Breinbjerg, K. Pontoppidan, A. Østergaard og C. C. Lin (2013) "Electrical performance verification methodology for large reflector antennas: the P-band SAR payload of the ESA BIOMASS candidate mission", CEAS Space Journal, bind. 5, nr. 3–4, s. 211–219.
- [13] N. Tesla (1900) Apparatus for transmission of electrical energy, U.S. Patent 649621, May, 1900.
- [14] W. B. Carls (2005) "Inventor of dreams," Sci. Am., bind 292, s. 78–85.
- [15] L. Sun, D. Ma og H. Tang (2018) "A review of recent trends in wireless power transfer technology and its applications in electric vehicle wireless charging," Renewable and Sustainable Energy Reviews, bind 91, s. 490–503.
- [16] A. Kurs, A. Karalis, R. Moffatt, J. D. Joannopoulos, P. Fisher og M. Soljacic (2007) "Wireless power transfer via strongly coupled magnetic resonances," Science, bind 317, nr. 5834.
- [17] <https://www.wired.com/2013/08/induction-charged-buses/>



Samel Arslanagić er lektor i anvendt elektromagnetisk feltteori ved DTU Elektro. Hans forskningsinteresse inkluderer bl.a. spredning og interaktion af elektromagnetiske bølger med komplekse materialestrukturer fra radio og op til optiske frekvenser. Han er modtager af DTUs Årets Underviserpris i 2018.



Olav Breinbjerg er professor for faggruppen Elektromagnetiske Systemer ved DTU Elektro, og leder af DTU-ESA Spherical Near-Field Antenna Test Facility. Hans forskning inden for anvendt elektromagnetisk feltteori vedrører bl.a. satellitantenne-teknologi i samarbejde med European Space Agency.

På skuldrene af H. C. Ørsted

Tom Nervil, DTU Vindenergi

Opfinderen og højskolelæreren fra Askov Højskole, Poul la Cour, havde idéer og visioner om vindkraft og elektrificering. De er i vore dage blevet moderniseret og optimeret i den højteknologiske vindmølleindustri, som har bragt Danmark i front, når det gælder grøn energi.

Poul la Cours visioner om vindkraft og elektrificering havde ikke været mulige uden en anden dansk videnskabsmand, nemlig H. C. Ørsted, der i 1820 gjorde en afgørende opdagelse, som fik enorm betydning for eftertiden, nemlig elektromagnetismen. Den danske fysiker, der også har stor del af æren for oprettelsen af Polyteknisk Lærestanstalt, som vi i dag kender som DTU, opdagede, at den magnetiske nål fra et kompas bliver påvirket af en ledning med elektrisk strøm. Den opdagelse er årsag til, at vi i dag har elektricitet overalt i samfundet. Elektricitet, som i større og større grad kommer fra vedvarende energikilder i Danmark – primært fra vindmøller.



Figur 1. Der er i dag plads til at teste ni vindmøller på Testcenter Østerild.

De vindmøller, der er sat op i og omkring Danmark, kan på en god dag producere 130 procent af vores elforbrug. Altså mere end vi selv har behov for. Den udvikling kan vi i første omgang takke H. C. Ørsted og dernæst Poul la Cour for.

I årene efter 1820 tog forskningen i elektricitet, magnetiske og elektromagnetiske fænomener for alvor fart. Alle, der ville noget inden for videnskaben, kastede sig over magneter og elektriske ledninger. I 1800-tallet blev de første dynamoer, elektromotorer og elektromagnetiske telegrafsystemer udviklet af fysikere og opfindere rundt om i Europa. Det blev den spæde begyndelse på hele den elektrificering af verden, der i dag er en betingelse for det moderne samfund.

Alle de elektriske apparater, der blev udviklet, skulle have strøm. Strømmen blev – og bliver hovedsageligt den dag i dag – lavet på store kraftværker, som fyrer med kul, olie og naturgas. På kraftværkerne bruges brændstoffet til at opvarme vand med. Når vandet koger, bliver det til damp, og der opstår et tryk, som får en turbine til at dreje rundt. Når turbinen drejer, starter den

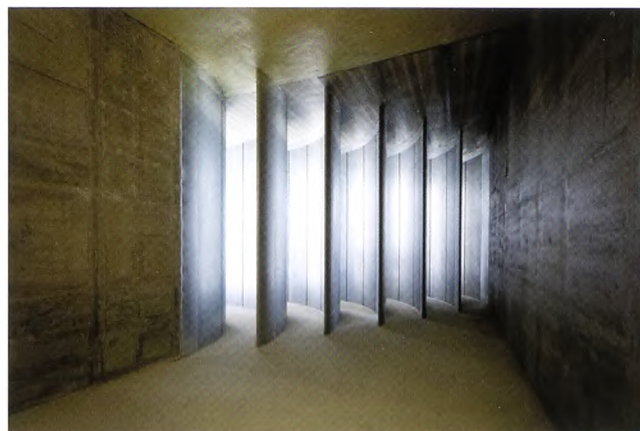
en generator, som laver strøm. Men elektriciteten kommer i stigende grad fra vedvarende energikilder som sol og vind. De seneste 40 år har Danmark oplevet et energieventyr, hvor vindmøller er blevet en hovedaktør i leveringen af elektricitet til samfundet. Det startede dog for meget længere tid siden.

Pioneren Poul la Cour

I 1887 designede James Blyth fra Skotland en vertikalakslet modstandsmølle, som producerede strøm. Samme år opfandt amerikaneren Charles F. Brush en dynamo til jævnstrøm og benyttede den senere til at oplade et batteri med strøm fra en mangebladet vindmølle. Herhjemme i Danmark producerede Poul la Cour strøm fra sin egen-designede vindmølle på Askov Højskole i 1891. Han lagrede blandt andet strømmen ved hjælp af elektrolyse, som kunne splitte vand i ilt og brint. Brinten blev så benyttet til at lave lys.

Møllen blev snart kendt viden om, og videnskabsfolk og pressefolk strømmede til Askov for at se la Cours "Lysmølle", som den blev kaldt.

Poul la Cour designede sin egen vindtunnel for at kunne teste sine teorier for den idéelle vingeprofil og opdagede blandt andet, at suget bag vingen var lige så vigtigt som vindens tryk. Det er teorier, som essentielt ændrede det aerodynamiske design af møllevinger, som vindmølleindustrien har arbejdet videre med, og som forskere på blandt andet DTU Vindenergi fortsat udvikler videre på.



Figur 2. I hvert hjørne af vindtunnelen er der ledeskovle, der hjælper med at dreje strømmingen om hjørnerne.

DTU Vindenergi indviede i april 2018 sin kæmpe vindtunnel, der via en kraftig blæser med en diameter på 4,7 meter kan skabe vindtryk langt over orkanstyrke,

og som mennesket derfor aldrig har set in natura. Vindhastigheden kan komme op på 105 meter i sekundet eller 378 kilometer i timen inde i tunnellen. Her har forskere og industri mulighed for at teste møllevinger med vindhastigheder svarende til dem, som en vingetip kan komme ud for i virkeligheden. Den Nationale Vindtunnel på Risø kaldes også Poul la Cour-tunnellen.

Men la Cours indflydelse stopper ikke her. Energiselskabet Ørsted arbejder i dag på at omdanne overskudselektriciteten til brint ved hjælp af elektrolyse, og man spår, at brint kan blive Danmarks næste grønne væksteventyr. Vejen til fremtidens teknologier blev således udstukket af Poul la Cour allerede i 1891, da han stod på skuldrene af H. C. Ørsted.



Tom Nervil er kommunikationspartner på DTU Vindenergi.

Kommende foredrag

Dato	Tid	Foredragstitel	Foredragsholder	Forening
Jan 2020				
20/1	18.15	Delphini-1	Hans Kjeldsen	AS (Kbh)
27/1	19.15	Delphini-1	Hans Kjeldsen	AS (Aarh)
27/1	19.30	H. C. Ørsted som folkeoplyser	Helge Kragh	SNU
Feb 2020				
17/2	19.30	SWARM-satellitter, der måler Jordens magnetfelt	Nils Olsen	SNU
17/2	18.15	Mars	Jens Frydenvang	AS (Kbh)
24/2	19.15	Mars	Jens Frydenvang	AS (Aarh)
Mar 2020				
9/3	19.30	H. C. Ørstedes rejsebreve	Andrew Jackson	SNU
9/3	18.15	JWST	Hans Ulrik Nørgaard-Nielsen	AS (Kbh)
16/3	19.15	JWST	Hans Ulrik Nørgaard-Nielsen	AS (Aarh)
30/3	19.30	H. C. Ørsted og farmacihistorien	Poul Kruse	SNU
30/3	18.15	Euclid	Michael Andersen	AS (Kbh)
Apr 2020				
20/4	19.30	Om de 2000 ord Ørsted indførte i det danske sprog Efter foredraget uddeles Ørstedmedaljen til en inspirerende grundskolelærer	Frans Gregersen	SNU
20/4	19.15	Euclid	Michael Andersen	AS (Aarh)
27/4	18.15	Kepler/K2/TESS	Rasmus Handberg	AS (Kbh)
Maj 2020				
4/5	19.15	Kepler/K2/TESS	Rasmus Handberg	AS (Aarh)
Juni 2020				
8-9/6		Dansk Fysisk Selskabs Årsmøde		DFS
Sep 2020				
21/9	19.30	Hvad er magnetisme, og hvad er elektromagnetisme	Steen H. Hansen	SNU
Okt 2020				
19/10	19.30	Foredrag ved guldmedaljemodtager i fysik (tentativt)	NN	SNU
Nov 2020				
2/11	19.30	Om magnetometer	Chris Finlay	SNU
23/11	19.30	Ørstedes erkendelsesteori og metafysiske erindringer	Anja Skaar Jacobsen	SNU
Dec 2020				
14/12	19.30	Ørsted, Tesla og Faraday	Hans Buhl	SNU

AS (Kbh): Astronomisk Selskab (Kbh), City Campus, Københavns Universitet, (astronomisk.dk).

AS (Aarh): Astronomisk Selskab (Aarh), Matematisk Institut, AU, Ny Munkegade 118, Bygn. 1530, 8000 Aarhus C.

Wieth-Knudsen Observatoriet, Margot Nyholms Vej 1, 3220 Tisvildeleje, har åbent hus-arrangementer med gratis adgang to lørdage om måneden, se astronomisk.dk/wieth-knudsen-observatoriet.

DFS: dfs.nbi.dk

SNU: Aud. 1, H. C. Ørsted Instituttet, Universitetsparken 5, 2100 København Ø (naturlæren.dk, facebook.com/SNU1824).

H. C. Ørsted er en inspiration for alle

Jakob Askou Bøss, Ørsted

Da DONG Energy skulle finde et navn, der passede til virksomhedens skifte fra sort til grøn energi, faldt valget på Ørsted efter H. C. Ørsted. Videnskabsmandens opdagelse af elektromagnetismen spillede en central rolle for navnevalget. Men H. C. Ørsteds værdier og verdenssyn betyder lige så meget for virksomheden, som i dag er et førende grønt energiselskab og verdens største udvikler af havvindmølleparker.

Det er et stort skridt for en virksomhed at skifte navn. Det var det også for os, da vi for snart to år siden valgte at kalde os for Ørsted efter videnskabsmanden H. C. Ørsted. Vi havde startet vores grønne transformation under navnet DONG Energy, og selvom navnet i højere og højere grad blev forbundet med vedvarende energi, var det skævt at være en grøn virksomhed og have et navn, som udsprang af Dansk Olie og Naturgas. At DONG-navnet også havde en uheldig betydning på nogle af vores kernemarkeder, var endnu en grund til at overveje et navneskifte.

Da vi i efteråret 2017 solgte vores olie- og gasforretning, sagde vi samtidigt farvel til DONG Energy. Det rød-hvide logo havde i 11 år favnet de seks energiselskaber, der i 2006 slog sig sammen under DONG Energy, så det var ikke bare et stykke af vores historie, som vi sagde farvel til – det var på mange måder et stykke af vores identitet. Og når vi nu ikke længere var DONG Energy, hvad var vi så?

Ørsted

Forud for navneskiftet overvejede vi flere end 3.000 forskellige navne, der på hver sin måde skulle indfange ånden af vores virksomhed. Fra en kollega kom forslaget: Hvad med Ørsted? Og det forslag endte med at feje alle de øvrige af banen. Helt centralt for navnevalget lå H. C. Ørsteds opdagelse af elektromagnetismen. Den er stadig grundlaget for moderne produktion af elektricitet, som er kernen i vores virksomhed. Den danske videnskabsmands navn var heller ikke fremmed for os. Vores 100 år gamle kraftvarmeværk i København var allerede opkaldt efter ham, men ikke nok med det, så repræsenterer videnskabsmanden Ørsted på fornemste vis alle de idealer, som virksomheden Ørsted stræber efter.

For det første var han nysgerrig. Hans konstante udforskning af fysikkens grundlæggende regler og hans utallige eksperimenter med naturens kræfter har sat et afgørende præg på naturvidenskaben.

For det andet havde H. C. Ørsted en helt grundlæggende interesse i naturen og i at forstå, hvordan vores verden fungerer. Den interesse førte til opdagelsen af elektromagnetismen, og uden den opdagelse havde verden set meget anderledes ud. Vores virksomhed havde

også set meget anderledes ud – hvis den overhovedet havde eksisteret.



Figur 1. Opførelsen af Anholt Havmøllepark i 2012-13. Parkens samlede kapacitet er på 400 MW svarende til 400.000 danske husstandes årlige forbrug.

For det tredje var H. C. Ørsted engageret i sin samtid og kombinerede sit videbegær med sit samfundsengagement på fornemste vis. Han spillede en afgørende rolle i etableringen af Den Polytekniske Læreanstalt, i dag DTU, hvor en betydelig del af Ørsteds medarbejdere i øvrigt har uddannet sig. H. C. Ørsted viste også sit store samfundsengagement ved at yde væsentlige bidrag til det danske sprog med ord som *brint*, *vægtfylde*, *billedkunst*, *ildsjæl*, *udstråling*, *ilt* og *rumfang*.

I Ørsted er vi også nysgerrige. Vi afprøver ny teknologi og viden, for at vi i samklang med natur og teknologi kan udvikle nyt til gavn for samfundet og virksomheden. Her i 2019 er der efterhånden en del virksomheder, der sætter vindmøller op på havet, men det var der ikke, da vi var med til at sætte de første ti havvindmøller op nord for Lolland i 1991. Vi har sidenhen været det første selskab til at installere banebrydende og stadigt større nye havvindmøller, og det er indgroet i vores kultur at tænke nyt og finde løsninger på både stort og småt. For eksempel er vi begyndt at bruge autonome droner til at efterse vingerne på vores havvindmøller. Det er normalt en besværlig, manuel opgave, som kræver ekstra høje sikkerhedsforanstaltninger. Med dronerne gennemfotograferer vi alle tre vinger på en havvindmølle med 80 meter lange vinger på blot 25 minutter. Vi er også i gang med at teste reb-robotter, som kan bruges til at vedligeholde og reparere vinger og forhindre fremtidige fejl på dem.



Figur 2. Smart glasses i aktion på Avedøreværket.

På vores kraftværker har vi fundet ud af at udnytte *smart glasses*. De kan fx vise varmestrømmene inde i en pumpe ved hjælp af infrarøde kameraer, så operatører kan lokalisere eventuelle problemer blot ved at se på pumpen udefra. Brillerne kan også kalde en digital tegning frem af systemet i pumpen ved hjælp af augmented reality, og operatøren kan i realtid få fire øjne på sagen ved at dele, hvad brillerne viser. Det sparer alt sammen tid og giver højere kvalitet i beslutningerne.



Figur 3. Beboelsesplatformen ved Horns Rev 2 er verdens første af sin slags. Den ligger ca. 30 km fra land og 70 meter over havet blandt parkens 91 havvindmøller. Vindteknikere bor her en uge ad gangen.

Vi er også optagede af verden omkring os og vores indvirkning på den. Vi vil bidrage til at bremse klimaforandringerne, som er en af verdens helt store udfordringer. Derfor er vores vision en verden, der udelukkende kører på grøn energi. Og derfor er vi også engagerede i forskning i de lande, vi bygger havvindmøller i, og vi har indgået partnerskaber med adskillige universiteter. Fx har vi gennem et forskningssamarbejde med University of Oxford reduceret mængden af stål, der skal bruges til havvindmøllefundamenter. Lige nu forsker vi sammen i de cykliske påvirkninger fra bølger og vind, som rammer den grønne energiproduktion på havet. Nysgerrigheden har sammen med nytænkning og samarbejde på tværs af fagligheder været stærkt

medvirkende til, at vi har kunnet drive omkostningerne på ny grøn energi ned, så de nu er blevet lavere end omkostningerne ved at bygge nye kul- og gasfyrede kraftværker.



Figur 4. Hornsea 1 ud for Englands østkyst er Ørstedes nyeste havvindmøllepark og verdens største. Parkens 174 havvindmøller har en kapacitet på lidt over 1,2 GW.

Sidst men ikke mindst er vi interesserede i – og helt afhængige af – at forstå naturen. Vinden driver vores vindmøller, og vi laver vindens kræfter om til grøn strøm ved hjælp af elektromagnetisme.

H. C. Ørsted er et fremragende forbillede for den virksomhed, vi er og gerne vil fortsætte med at være. Vi håber også, at H. C. Ørsted er et forbillede for de kommende generationer, når de skal vælge en videregående uddannelse. Vi har som alle andre virksomheder brug for nysgerrige og engagerede medarbejdere, og vi skubber selv på for at udbrede kendskabet til manden, som vi har opkaldt vores virksomhed efter. Det sker blandt andet ved at samarbejde med Selskabet for Naturlærens Udbredelse, som H. C. Ørsted selv stiftede i 1824. Sammen uddeler vi medaljer til nogle af de fremmeste forskere og formidlere af naturvidenskab. Vi har også et samarbejde med H. C. Ørsted Selskabet om at uddele studielegater og hædre dygtige forskere.

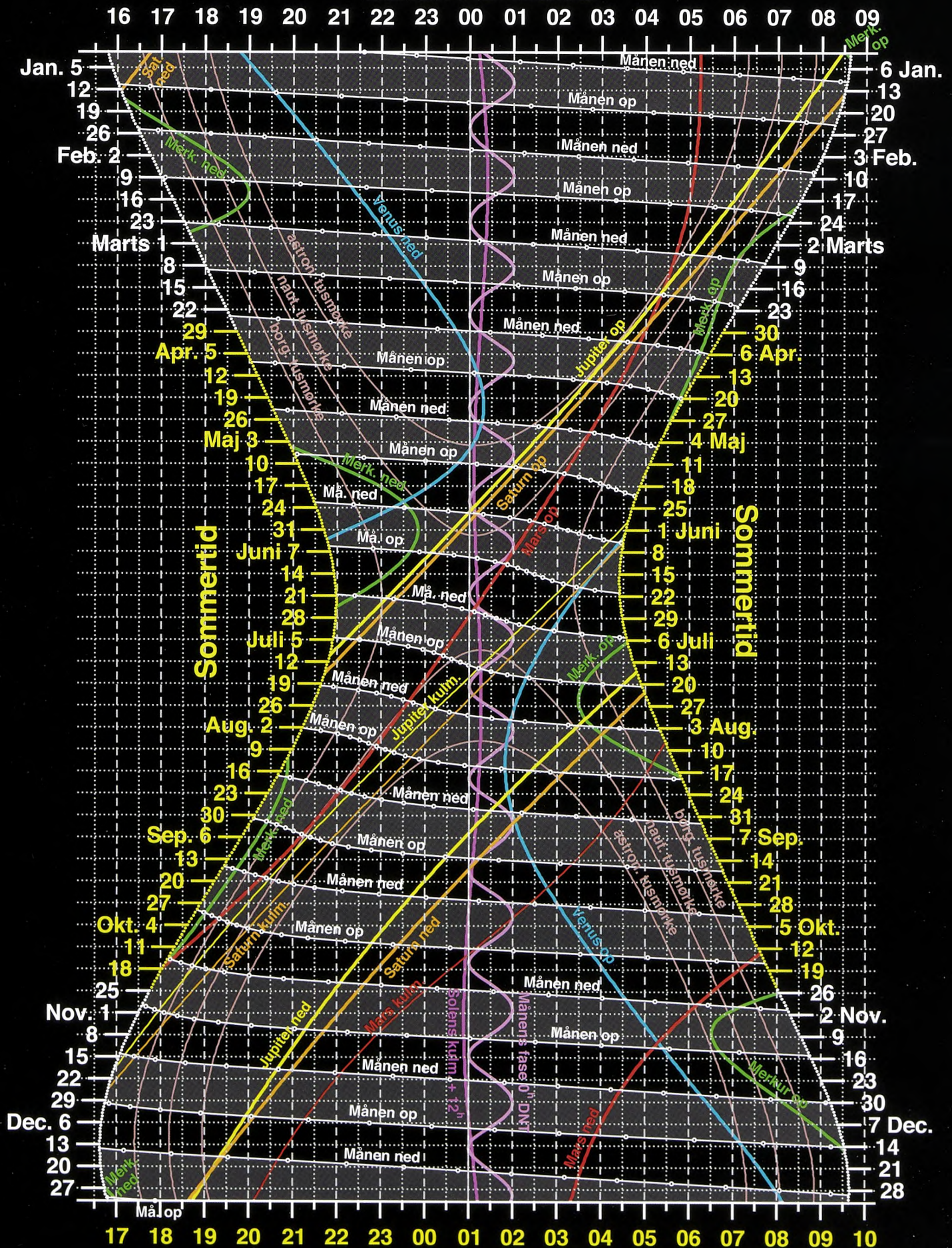
Vi mærker H. C. Ørstedes ånd i vores stræben efter at skabe en verden, der udelukkende kører på grøn energi, og vi kunne ikke forestille os en mere inspirerende person at dele navn med. Det er et stort skridt for en virksomhed at skifte navn, men for Ørsted er det gået let, fordi H. C. Ørsted er så let at lade sig inspirere af. Vi er stolte af at bære hans navn ud i verden og på den måde udbrede kendskabet yderligere til en af Danmarks vigtigste videnskabsmænd.



Jakob Askou Bøss er strategi- og kommunikationsdirektør i Ørsted, og har haft en central rolle under hele virksomhedens transformation fra sort til grøn energi og navneskiftet fra DONG Energy til Ørsted.

Planetkalender for København 2020

Dansk Normaltid

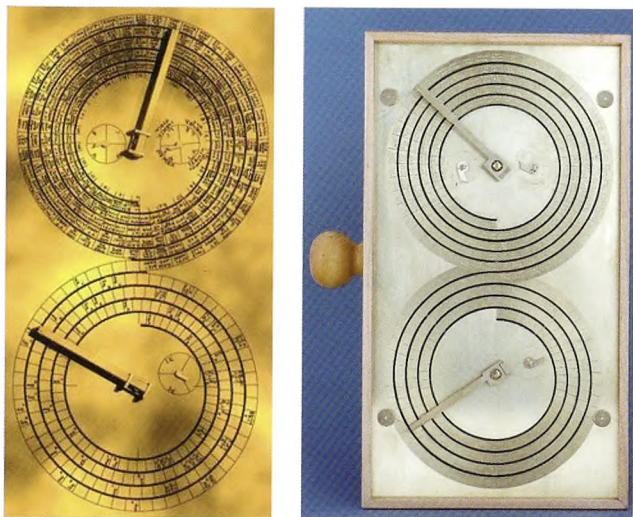


Grækernes mekaniske kalender

John Rosendal Nielsen

En kalender er et system til at organisere sociale, religiøse, administrative og kommercielle begivenheder efter. Dette blev gjort ved at inddelte kalenderen i perioder som dage, uger, måneder og år, og det har selvfølgelig sine rødder i middelhavskulturerne for over fire tusinde år siden. Antikythera-mekanismen giver i denne forbindelse en spændende indsigt i det antikke menneskes forhold til kalenderen, hvilket jeg vil introducere i denne artikel.

Hvor vi i dag har en anerkendt og velorganiseret gregoriansk kalender, var antikkens menneske afhængig af et mere komplekst kalendersystem¹. Antikkens kalendere var organiseret efter nærastronomiske fænomener såsom årstiderne og Månens faser. Mange civilisationer fokuserede på perioden mellem nymåner, og prøvede at få årstiderne til at passe ind i perioden, hvori Jorden havde fuldført en hel bane omkring Solen². Dette krævede, at man var nødt til at indføre et system med ekstra måneder i nogle af årene. Det var et system, der krævede enten en stærk centraladministration, som administrerede kalenderen, eller at man byggede en mekanisk anordning til at administrere systemet.



Figur 1. Til venstre ses AMRP-holdets computeranimerede forslag til Mekanismens bagside og til højre ses Michael Wrights mekaniske version.

Antikythera-mekanismen er en sådan mekanisk anordning, og vi vil tage et kig på Mekanismens bagsides skiver og samtidigt forklare antikkens menneskers forsøg på at systematisere kalenderen efter Månens omløb om Jorden og årstiderne.

Antikythera-mekanismens bagside

Som jeg nævnte i min tidligere artikel [1], er der enighed om udformningen af den såkaldte forside af Mekanismen, og dette gælder også for Mekanismens bagside. På figur 1 ses Michael Wright og AMRP-holdets forslag

til bagsidens udseende³. De er domineret af to store skiver med visere, der har fulgt de spiralformede riller. Imellem rillerne er der små, inddelte sektioner, hvor der har været plads til nogle græske bogstaver og symboler. Det er ikke mange af tegnene, der er overleveret til os, men man har kunnet ekstrapolere tabte felter ud fra de få overleverede felter.

Den øverste, store skive viste Meton-perioden, som var et 19-årskalendersystem, mens den nederste store skive angav Saros-perioden, der var nyttig til at forudsige en mulig sol- eller måneformørkelse. Inde i de store skiver er der tre mindre skiver med hver sin viser. To af de mindre skiver er en udvidelse af Meton- og Saros-perioderne – kendt som henholdsvis den kalippiske periode og Exeligmos-perioden – og de var en forbedring i nøjagtigheden i perioderne. Disse perioder vil jeg forklare nærmere, når de forskellige middelhavscivilisationers kalendere er blevet forklaret.

Sportsarrangement-kalenderen

Den anden, mindre skive i Meton-skiven – opdaget af gruppen bag Antikythera Mechanism Research Project⁴ [2] – er den såkaldte olympiske kalender eller sportsarrangement-kalenderen, der har en firdelt skive, hvor der uden for hver del var indgraveret cyklussen af de panhellenske lege. Inde i cirklen er der et tegn, som minder om "L", og derefter står der A, B, Γ og Δ. De græske bogstaver blev også benyttet som tal, og der står 1, 2, 3 og 4. Følger vi rækkefølgen, som er indgraveret på den olympiske kalender, får vi følgende cyklus:

År	Inskription inde i skive	Inskription udenom skiven	Sportsarrangement
1	ΛΑ	ΙΣΘΜΙΑ, ΟΛΥΜΠΙΑ	De Isthmiske Lege, De Olympiske Lege
2	ΛΒ	ΝΕΜΕΑ, ΝΑΑ	De Nemeiske Lege, Legene i Donova
3	ΛΓ	ΙΣΘΜΙΑ, ΠΥΘΙΑ	De Isthmiske Lege, De Pythiske Lege
4	ΛΔ	ΝΕΜΕΑ, ΑΛΙΕΙΑ	De Nemeiske Lege, Legene i Halieia

Der er flere kommentarer, der skal knyttes til denne oversigt. Disse lege var kun for græske bystater, og det er en forsimpning at kalde dem for et sportsarrangement, da man – udover at konkurrere i stridsvognsløb, brydning, boksning, løb, længdespring, spydkast og diskoskast – også konkurrerede i poesi, musik og andre kunstarter.

¹Der fandtes ikke noget specifikt ord for kalender i nogen af antikkens civilisationer. Udtrykket kalender kommer fra *calendae*, som er udtrykket for den første dag i måneden i den romerske kalender. Det latinske ord kommer fra ordet *calare* – "at kalde" – der henviser til nymånens kald, når den først blev observeret. Latinudtrykket blev overtaget i gammelt fransk som *calendier* og derfra i middelengelsk som kalender i det 13. århundrede e.Kr.

²Et såkaldt tropisk år svarende til 365,24219878 døgn. Et sådan år følger årstiderne.

³Michael Wright var tidligere kurator ved Videnskabshistorisk Museum i London. Han arbejder stadig med videnskabshistorie og har lavet to velfungerende mekaniske modeller af Mekanismen. AMRP står for Antikythera Mechanism Research Projekt – se mere på www.antikythera-mechanism.gr/

⁴Se også artiklens *Supplementary notes*: http://antikythera-mechanism.gr/system/files/0802_nature-supplementary.pdf

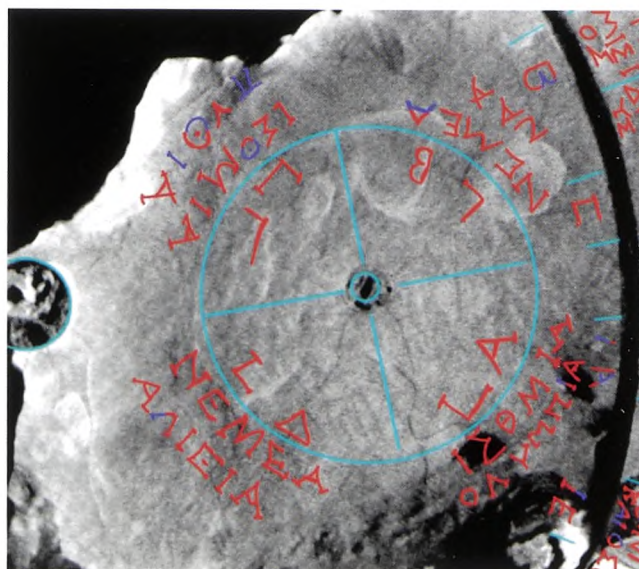


Figur 2. De vigtigste religiøse helligdomme i det græske ægæiske område. Donova blev afholdt i Epirus i den nordvestlige del af det græske område (sort pil). Aristoteles regnede området for en af del af Hellas, og ifølge ham skulle grækerne oprindeligt komme herfra. Halieia lå på Rhodos, der ligger i den sydøstlige del af Det Ægæiske Hav. Den røde pil viser, hvor skibet gik ned ved den Antikythera.

Legene i Donova og Halieia er egentligt mindre betydningsfulde sportsarrangementer, hvorfor man har opstillet hypotesen om, at disse lege havde en vis betydning for konstruktøren eller ejeren af Mekanismen. Ordet "Halieia" blev opdaget så sent som i 2016 af klassicist Paul A. Iversen fra Cleveland's Case Western Reserve University (Ohio, USA) [3], hvilket sandsynliggjorde, at der var tale om Legene i Halieia, som blev afholdt på Rhodos. Rhodos er interessant, da det er et af de steder, som har været i spil som Mekanismens oprindelsessted. Der var en astronomisk forskningstradition på Rhodos, hvilket gør det til en oplagt mulighed, at Mekanismen blev konstrueret der.

Legene i Donova, som NAA henviser til, blev afholdt i den nordvestlige del af Grækenland. Området omkring Donova har været beboet lige siden mykensk tid, og der har været kultaktiviteter lige så længe. Omkring 290 f.Kr. blev byen gjort til religiøs hovedstad i Epirus-kongedømmet af kong Pyrrhus⁵. Der var både et orakel og lege til ære for Zeus, men de fik aldrig samme betydning som oraklet eller de tilhørende lege i Delfi havde. Det er derfor muligt, at legene i Donova har

haft betydning for køberen af Mekanismen, og skibet var på vej dertil.



Figur 3. Den olympiske skive. Den runde skive, der drejede rundt, havde skrevet tegnet L for år og A, B, Γ, Δ for nummeret på året. Udenom står navnene på legene.

⁵Kong Pyrrhus (319/318 – 272 f.Kr.) var græsk general og statsmand, der blev konge i Epirus. Han vandt flere dyrekøbte sejre imod romerne, som i den sidste ende betød, at han tabte sit kongerige – senere kendt som pyrrhussejre.

Kalender	Månedens Længde	Start	Årets Længde	Start
Ægyptiske, civile kalender	30 dage	Med 30 dages interval	365 dage	Første observation af stjernen Sothis (Sirius)
Ægyptiske, kultiske kalender	Formentligt 29-30 dage	Dagen efter sidste observation af halvmåne	?	?
Babylonske	Skiftevis 29 og 30 dage	Første nat med nymåne	12-13 måneder	-
Græske	Skiftevis 29 og 30 dage	I princippet ved første observation af nymåne	12-13 måneder	Forskellig for den enkelte bystat
Romerske, republikanske	28, 29 og 31 dage	Afhængig af det romerske præstekollegium (pontifex)	355 dage	Den 1. marts – senere den 1. januar
Romersk, juliansk	28, 30 og 31 dage	Afhængig af måned – svarende til vores kalender	365 dage og 1 skuddag hvert fjerde år	Den 1. januar

Ifølge den gængse tradition blev de nemeiske og de isthmiske lege afholdt det samme år. Dette ser ikke ud til at passe med indgraveringen på Mekanismen. Grunden hertil må være tidspunkterne for afholdelsen af disse lege, og hvornår der er et årsskifte, ifølge konstruktøren eller ejeren af Mekanismen. Hver bystat havde sin kalender, som vi skal se nærmere på i næste afsnit, og disse kalendere havde forskellige tidspunkter for årsskifte. De isthmiske lege afholdes hvert andet år i foråret⁶ – formentligt i april eller maj, og ifølge Iversen [3] blev de nemeiske lege afholdt i den athenske måned Hekatombaion, hvilket svarede til juli eller august. Derfor må årsskiftet for Mekanismens kalender være mellem disse to tidspunkter.

Middelhavscivilisationernes kalendere

Civilisationerne omkring middelhavet havde hver en kalender, der var tilpasset til de religiøse og administrative faktorer, som havde betydning for den pågældende civilisation. Her følger en kort introduktion til de kalendere, som de forskellige middelhavscivilisationer benyttede sig af.

Den ægyptiske, civile kalender var baseret på Solens omløbstid med 365 dage på et år. Året var inddelt i 12 måneder på præcis 30 dage og 3 årstider på 4 måneder hver. De tolv måneder med 30 dage gav fem overskydende dage – de såkaldte epagomenale dage, hvor man fejrede fem guders fødsel. Kalenderen og dens årstider var tæt forbundet med Nilens cyklus, hvilket giver god mening, da floden var grundlaget for Ægyptens eksistens og velstand. Årets begyndelse skulle i princippet starte ved den første observation af stjernen Sothis – nattehimmels klareste stjerne, Sirius, men på grund af manglende skudår hvert fjerde år – som vi kender det fra den julianske kalender eller vores nuværende gregorianske kalender – kom kalenderen ude af trit med Sirius' fremkomst. Ptolemaios III (246-222 f.Kr.) forsøgte uden held at indføre en skuddag hver fjerde år, men det faldt ikke i ægypternes smag at ændre

på en kalender, der har virket i over 2000 år⁷.

Den civile kalender var ikke den eneste kalender, som blev benyttet i Ægypten. Der blev også anvendt en månebaseret kalender, som blev benyttet parallelt med den civile kalender. De fleste vidnesbyrd til denne kalender er fundet i forbindelse med templer eller religiøse festivaler, hvilket har fået forskere til at formode, at det var en kultisk kalender. Det er muligt, at de to kalendere er forankret i en tidligere prædynastisk kalender. Ægyptologen Richard Parker (1905-1993) opstillede i 1950 en hypotese om, at der var tre kalendere i antikkens Ægypten. Den tredje kalender skulle være en prædynastisk månebaseret kalender. Der er fundet tre dobbeltdateringer, hvor den prædynastiske og civile kalender er nævnt. Det er derfor meget begrænset, hvad vi kan sige om den tidlige ægyptiske kalender [4].

Det er ikke overraskende, at Antikythera-mekanismens ophavsmand ønskede at have den ægyptiske kalender på forsiden skive med planeterne. Den ægyptiske, civile kalender havde regularitet og styrke i at være samtidigt uafhængig af politisk kontrol, hvilket var unikt for kalendere i den antikke verden. Det gjorde den civile ægyptiske kalender velegnet til at datere astronomiske begivenheder med.

De månebaserede kalendere

Månebaserede kalendere var mere normen end undtagelsen for middelhavscivilisationerne, og civilisationerne i Mesopotamien var strengt baseret på Månens faser. Et år bestod ligeledes af 12 måneder med 29 eller 30 dage. En måned begyndte altid i den babylonske kalender om aftenen, hvor nymånen første gang var synlig og ikke mere end en dag senere end tidspunktet for nymåne. Året var desuden inddelt i tre årstider, hvor den første årstid var foråret.

Månedsskiftet i den babylonske kalender har højst sandsynligt krævet observationen af nymåne, hvilket har været problematisk, hvis vejret ikke har tilladt en sådan observation. De babylonske astrologer, der

⁶https://en.wikipedia.org/wiki/Isthmian_Games (note 8), 2019.

⁷Først da Ægypten kommer under romersk administration bliver skuddagen og dermed den julianske kalender implementeret.

bestyrede kalenderobservationerne, måtte i tilfælde af dårligt vejr have lavet simple forudsigelser af nymåne på grundlag af den skiftevis 29 og 30 dages periode mellem nymåner. Der er dog fundet en del korrespondance mellem især de assyriske astrologer og kongen⁸, hvilket tyder på, at man ikke helt stolede på disse beregnede cyklusser. Astrologerne lod derfor kongen afgøre, om der var nymåne og dermed månedsskifte [5].

Et månebaseret år på 6 måneder på 29 dage og 6 måneder på 30 dage vil kræve en vis form for interkalation – dvs. tilføjelse til kalenderen, da året kun vil have 354 dage. Den månebaserede kalender vil mangle mindst elleve dage fra Jordens omløbstid om Solen og vil dermed hurtigt komme ude af trit med årstiderne. Løsningen herpå var en ekstra måned – en skudmåned eller interkalation – hver andet eller tredje år. Der er vidnesbyrd om, at den tidlige interkalation af kalenderen skete med irregulære intervaller, mens interkalationen blev mere regulær i den senere babylonske historie.

Omkring år 500 f.Kr. introduceredes en standard 19-årscyklus, hvor der blev tilføjet interkalationsmåneder efter fastsatte intervaller. Det formodes generelt af historikere, at denne fastsatte, standard 19-årscyklus havde sin begyndelse i starten af Darius' regeringstid i 522 f.Kr., og afvigelserne fra standard 19-årscyklussen var kun fejl eller undtagelser. Der er dog ingen tvivl om, at kalenderen med 19-årscyklussen med tiden blev mindre afhængig af politisk indgriben i det babylonske rige.

Græsk kalenderkaos

De antikke græske kalendere har formentligt været benyttet siden den tidlige antikke periode, men de første beskrivelser af deres udnyttelse og struktur er fra 6. århundrede f.Kr. Da der ikke var fællesadministration af de græske bystater, havde hver bystat sin egen kalender. Athen, hvis kalender vi kender mest til, havde undtagelsesvis til kalendere – hvor den ekstra kalender bl.a. blev benyttet til administrative formål.

Der var følgende aspekter ved de græske kalendere fra de forskellige bystater:

- Ligesom andre antikke middelhavskulturer havde grækerne ikke noget ord for kalender. De skrev snarere "ifølg orden af dage" – *κατὰ λόγον τῶν ἡμερῶν*.

- Kalenderen var organiseret i princippet efter månens faser. En græsk måned skulle begynde, når en nymåne blev observeret, men månederne blev bevidst udsat for manipulation. Der er dog flere eksempler på bystater, som havde forskellige tidspunkter for månedsskiftet, hvilket ikke burde være tilfældet, hvis alle bystaters kalendere startede ved nymåne [5].

- Der var normalt tolv eller tretten måneder på et år, hvor den trettende måned var en tilføjet skudmåned. Månedernes længde var normalt skiftevis 29 eller 30 dage.

- Kalenderne blev kontrolleret af de politiske autoriteter, der kunne fjerne eller tilføje måneder eller dage i kalenderen. De politiske påvirkninger betød, at kalenderen til tider må have været meget irregulær.

- Hver måned blev opkaldt efter den religiøse festival, der blev afholdt i den pågældende måned. Dette karaktertræk havde den babylonske kalender også, og det er ikke utænkeligt, at grækerne fik idéen fra Babylonien.

- Månedernes navne var normalt forskellige fra bystater til bystater. Og hvis der var sammenfald af navne betød det ikke, at månederne lå samtidigt. Tværtimod. Regulariteten eller irregulariteten af de græske kalendere har længe været diskuteret blandt forskere, hvor de fleste nok hælder mest imod, at de græske kalendere var irregulære. Der er dog tegn på, at kalenderen blev mere velreguleret i hellenistisk tid – måske under indflydelse af et mere centralistisk styre som Seleukiderriget.

Bystaternes forskellige kalendere havde stor betydning for at bestemme et geografisk ophav til Antikythera-mekanismen. Desværre kender vi kun få bystaters kalendere fuldstændigt, hvor enkelte af dem er vist i tabel 1. Grunden til, at vi ikke kender kalenderen fuldkommen, er, at grækerne ikke skrev kalenderne op måned for måned, og vi må derfor samle kalenderen stykke for stykke ud fra kilderne. Bystaternes kalendere er ofte baseret på kildernes dateringer af begivenheder, som sættes i forhold til hinanden. På Mekanismen er vi så heldige, at man har kunnet bestemme alle månederne ved tyding af Meton-periodekalenderen (se tabel på næste side).

I de tre sidste kolonner er der vist de tre mest lovende kalendere, der alle hører til den korintiske familie af kalendere. Byen Tauromenion ligger på Sicilien, hvilket fik AMRP-holdet til at teoretisere, at Mekanismen var fra Syrakus [2]. Tauromenion var under Syrakus' kontrol, og da Syrakus var hjemby for den berømte videnskabsmand Arkimedes, var det fristende at drage denne konklusion. Dette er på trods af, at vores kendskab til Syrakus' kalender er meget begrænset. Vi formoder, at Syrakus' kalender er identisk med Tauromenions, da de måneder, som vi kender til, er de samme som Tauromenions måneder (markeret med *)⁹. Tre af Syrakus' måneder stemmer minimum ikke med Mekanismens måneder, hvilket må resultere i konklusionen, at Mekanismen har intet med Syrakus at gøre. Syv af Tauromenions måneder (markeret med fed skrift) passer dog godt med Mekanismens måneder, hvilket indikerer, at Mekanismens kalender må være relateret til en anden korintisk koloni end Syrakus.

Epirus-regionen og Corcyra havde flere bystater¹⁰, der havde sin oprindelse som korintiske kolonier. Igen har vi ikke alle månedsnavnene for byerne i det nordvestlige Grækenland, men det har alligevel været muligt

⁸Der er fundet en større mængde af breve mellem kongen og hans astrologer fra den såkaldte neo-assyriske periode i det 8. og 7. århundrede f.Kr.

⁹Derudover argumenterer Iversen [3] for, at *Ελώπειος* henviser til en flod i nærheden af Syrakus, og det ville give mening, at Syrakus holdt en festival for deres egen flod.

¹⁰I dag er Corcyra kendt som Korfu, der er en ø i det nordvestlige Grækenland. Der var tre bystater – Corcyra, Bouthrotos og Apollonia, og de fleste af månederne i deres kalendere er veldokumenterede.

	Antikythera mekanismen		Tauromenion	Epirus	Corcyra
1	Φοινικαῖος	Phoinikaios	Ἰτώνιος	Φοινικαῖος	Φοινικαῖος
2	Κράνειος	Kraneios	Κάρνειος*	-	Κράνειος
3	Λανοτρόπιος	Lanotropios	Λανοτρόπιος	Λανοτρόπιος	Ἀλοτρόπιος
4	Μαχανεύς	Machaneus	Ἀπολλώνιος*	Μαχανεύς	Μαχανεύς
5	Δωδεκατεύς	Dodekateus	Δυοδεκατεύς	-	Δυοδέκατος
6	Εὐκλείος	Eukleios	Εὐκλείος	Εὐκλείος	Εὐκλείος
7	Ἀρτεμίσιος	Artemisios	Ἀρτεμίτιος	Ἀρτεμίσιος	Ἀρτεμίτιος
8	Ψυδρεὺς	Psydreus	Διονύσιος	Ψυδρεὺς	Ψυδρεὺς
9	Γαμήλιος	Gameilios	Ἐλφρείος*	Γαμίλιος	Γαμ(ε)ῖλιος
10	Ἀγριάνιος	Agrianios	Δαμάτριος*	Ἀγριάνιος	Ἀγριάνιος
11	Πάναμος	Panamos	Πάναμος	Πάναμος	Πάναμος
12	Ἀπελλαῖος	Apellaios	Ἀπελλαῖος	Ἀπελλαῖος	Ἀπελλαῖος

at samle en kalender for den nordvestlige græske region. Ti af månednavnene i byen Epirus passer godt med Mekanismens månednavne, men to måneder har det ikke været muligt at bestemme navnene på. Til sammenligning kan Corcyra prale af, at elleve af deres månednavne passer med Mekanismens månednavne, men den tredje måned passer ikke med Mekanismen. Men en rimelig hypotese er, at Corcyras månednavne er de samme som Epirus', og når man husker på, at den olympiske kalender har en inskription med legene i Donova, som ligger i Epirus, var Mekanismen højst sandsynligt beregnet til en bystat i Epirus [3].

Meton-perioden og den kallippiske periode

En såkaldt "synodisk" måned, regnet fra nymåne til nymåne, er ifølge nutidens målinger ca. 29,53 døgn dvs. rimelig tæt på $29\frac{1}{2}$ døgn. En kalender baseret på Månens omløbstid, hvor månederne skiftevis var 29 og 30 dage lange, ville resultere i et år på $(6 \cdot 29) + (6 \cdot 30) = 354$ dage. Dette år ville hurtigt komme ude af trit med årstider, hvilket havde stor betydning for landbrugs-samfund. Det blev klart for middelhavskulturer såsom de babylonske og græske, at det var nødvendigt med interkalation i nogle af årene. Babylonierne løste det ad hoc ved at lade kongen afgøre, hvornår der skulle være interkalation. Det skal ikke afvises, at grækerne forsøgte det samme, men da deres samfund var mindre centraliseret og pga. de græske politikeres rævekager, blev kalenderne hurtigt irregulære. Det var derfor nødvendigt at indføre et reguleringssystem, der kunne give faste interkalationer af måneder.

¹¹Censorinus var en romersk forfatter fra 3. århundrede e.Kr., der skriver en bog dedikeret til Quintus Caerellius som en fødselsdagsgave. Bogen omhandler mange forskellige aspekter af romersk liv og tanker såsom menneskets naturhistorie, musik, religiøse ritualer og astronomi. Hans udsagn om, at den græske astronom Kleostratos (520 – 432 f.Kr.) er ophavsmanden til Octaetēris, er ikke muligt, da han – ifølge græske historikere – skulle have introduceret dyrekredsen og en solkalender.

¹²Et gennemsnitligt tropisk år.

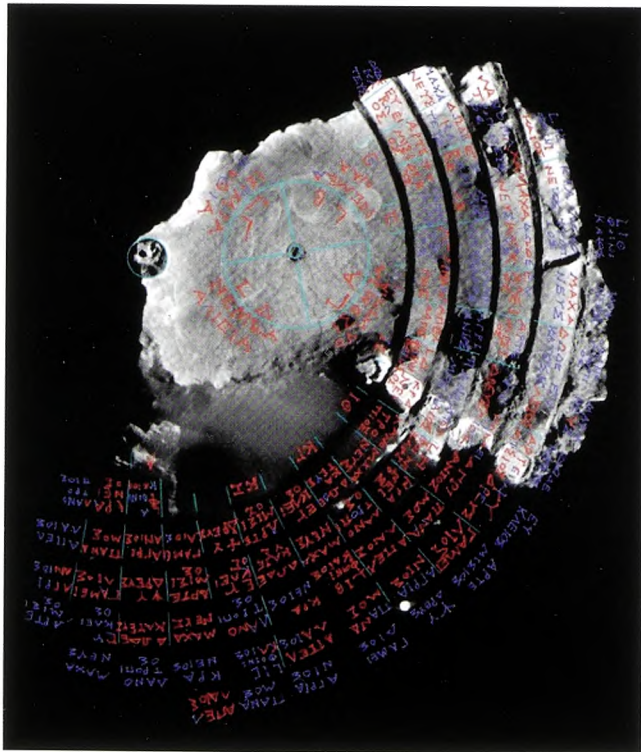
¹³En synodisk måned.

¹⁴Vi ved næsten intet om Geminus, der levede i det 1. århundrede f.Kr. Han skrev lærebogen i astronomi "Introduktion til fænomener", der er overleveret til os. Deri nævner han tre astronomer, Euktemon, Philippos og Kallippos, som også skulle have observeret 19-årsperioden. Ifølge Ptolemæus (Almagest 3.1) var Meton og Euktemon samarbejdspartnere i udarbejdelsen af Meton-perioden. Vi kender ikke yderligere til Euktemon, som desværre er forsvundet ud af videnskabshistorien.

Interkalationssystemer har tilsyneladende eksisteret siden begyndelsen af den græske historiske periode. Censorinus beskriver i sin *Fødselsdagsbogen*¹¹, at astronomen Kleostratos omkring år 500 f.Kr. opfandt en otteårskalendercyklus – Octaetēris, der tilføjede tre måneder med 30 dage over de otte år med de normale 354 dage. En Octaetēris giver $[((6 \cdot 29) + (6 \cdot 30)) \cdot 8 + 90]$ "dage" = 2922 dage, hvilket passer fint med otte solare år, $365,25 \cdot 8 = 2922$ dage. Det svarer til vore dages skudår hver fjerde år. Ifølge Censorinus skulle denne otteårscyklus være så populær, at de fleste kulturer var organiseret herefter, hvilket måske kan forklare, at festivaler og lege var organiseret i intervaller af fire år. Der er et problem med Octaetēris: Året er ikke præcist 365,25 dage langt, men 365,24219 dage¹², og Månens omløb er ikke 29,5 dage, men 29,53059 dage¹³. Otte solår bliver derfor 2921,93752 dage langt og 99 synodiske måneder bliver 2923,52841 dage. Forskellen på $1\frac{1}{2}$ dag per Octaetēris vil betyde at månekalenderen vil være foran Solen hvert ottende år, hvilket vil forøges med hvert Octaetēris og akkumulere over en længere periode, hvis der ikke blev foretaget en korrigering.

Det var klart for de græske astronomer, at man måtte udvikle en længere cykluskalender end Octaetēris, og det bedste system, der blev udviklet i antikken, var den 19-årige Meton-periode. Meton af Athen var en græsk matematiker og astronom, der levede i det 5. århundrede f.Kr., og selvom andre astronomer er blevet tilskrevet perioden af den græske astronom og matematiker Geminus¹⁴, var Metons navn tæt forbundet med

denne 19-årscyklus. Som jeg tidligere har nævnt, havde babylonierne også en 19-årscyklus, der kom forud for Meton-perioden. Vi kan ikke afgøre, i hvilken grad Meton lod sig inspirere af babylonierne, eller om han fandt på perioden alene ud fra hans egne og andres observationer. Det er dog ikke utænkeligt, at græske købmænd havde været i kontakt med babyloniere, som havde fortalt om deres 19-årskalender, og at de så har bragt idéen videre til græske videnskabsmænd.



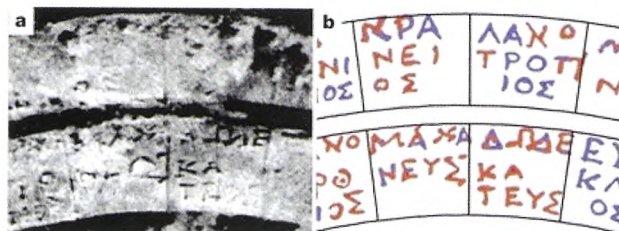
Figur 4. Metonskiven med den olympiske skive [3]. Den røde skrift er bevaret skrift udledt af AMRP-scanningerne af fragment B, mens den blå skrift er en rekonstruktion under antagelsen af gentagelserne i kalenderen.

Geminos beskrev desuden Meton-perioden, som svarede til 235 måneder eller 6940 dage. Der var i en Meton-periode 110 måneder med 29 dage, 125 måneder med 30 dage og syv interkalationsmåneder af 30 dage. Det er bemærkelsesværdigt, at der ikke er lige så mange 29-dages- og 30-dages-måneder. Hvis vi regner med de præcise værdier for det tropiske år og den synodiske måned, finder vi, at de 19 år, der giver 6939,60161 dage, er i god overensstemmelse med 235 måneder, der svarer til 6939,68865 dage.

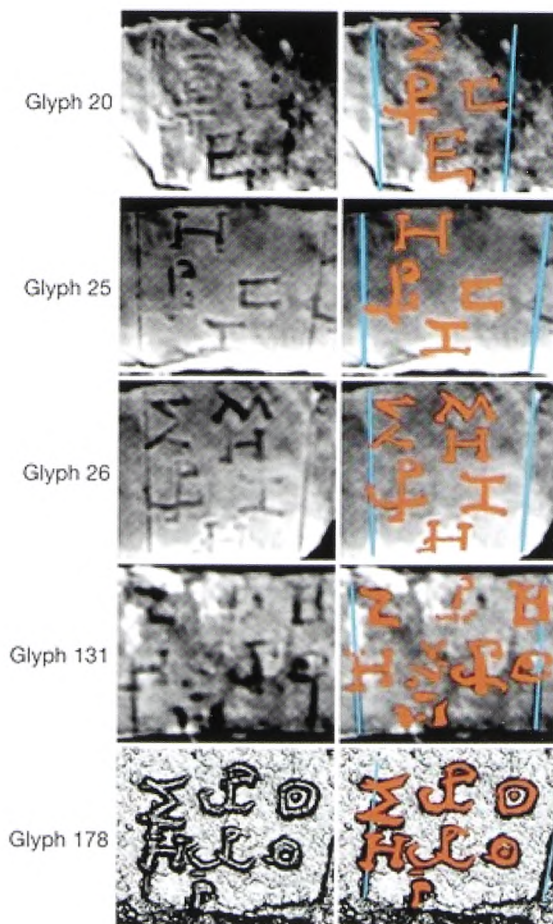
Geminos påpegede dog i *Fødselsdagsbogen*, at hvis man lod Meton-perioden løbe, ville Meton-kalenderen efter fire cyklusser komme foran Solkalenderen med én dag. Fire Meton-perioder svarer til 27.760 dage, men på 76 år vil der kun være $365,25 \cdot 76$ "dage" = 27.759 dage. Derfor blev en 30-dages-måned til en 29-dages-måned efter 76 år, hvilket var en kallippisk periode. Den er opkaldt efter endnu en græsk matematiker og astronom Kallippos¹⁵, der havde studeret Meton-perioden og opdaget dens mangler.

¹⁵ Kallippos (370-300 f.Kr.) studerede under Eudoxos på Platons akademi i Athen. Han skulle have arbejdet sammen med Aristoteles på hans akademi Lykeum.

Som vist i figur 5 og 6 var Meton-perioden på Antikythera-mekanismen i fem spiralformede spor. Imellem sporene var der en rille, hvor viseren var forbundet med metalben ned i rillen – lidt ligesom en pickup på en gramfonopladespiller. Metalbenet kunne forskydes frem og tilbage på viseren, så den kunne være nede i rillen hele tiden. De fem spor var inddelt i flere sektioner med en inskription med navnet på måneden, som det er vist i figur 5 og 6. Der kunne også stå et ciffer i den nederste felt under den inderste rille, der angav, hvilken dag i måneden man skulle springe over, da måneden kun havde 29 dage [6]. Når de nitten år var gået, blev viseren ført tilbage til udgangspunktet.



Figur 5. Forstørret udsnit af Meton-skiven. Hver sektion i skiven havde inskription med en måned.



Figur 6. Fem eksempler på sektioner i Saros-skiven. Hvert tegn er en forkortelse, der fortalte, om der kunne komme en mulig sol- eller måneformørkelse og på hvilket tidspunkt.

Saros-perioden

Saros-perioden er tidligere blevet beskrevet i Kvant [7], hvor det blev beskrevet, at den kan bruges til at forudsige solformørkelser. En Saros-periode er tæt på 18 år, 11 dage og 8 timer, hvilket er det tidsrum, der går imellem, at Jorden, Månen og Solen er placeret på næsten samme måde i forhold til hinanden. Kender man tidspunktet for en solformørkelse – eller måneformørkelse – vil der indtræffe en lignende formørkelse efter en Saros-periode blot forskudt 120 grader mod vest pga. de 8 timer, der svarer til 1/3 rotation af Jorden. Vi ved fra kileskriftlertavler, at dette fænomen var kendt af babylonierne, som kaldte den for 18-årsperiode¹⁶, da intervallet 223 måneder ville svare til 18 babylonske kalenderår [9, side 141-142]. Græske astronomer har sandsynligvis lært om Saros fra babylonierne, der allerede i 5. århundrede f.Kr. havde omfattende lister.

Da der ikke er hele antal dage i en Saros, vil solformørkelsen i den samme Saros-serie være geografisk flyttet 120 grader i vestlig retning på jordkloden. Det var derfor mere brugbart at arbejde med tre gange Saros, hvilket blevet kaldt for en Exeligmos, som betyder en omdrejning af hjulet. Der var skiver på Mekanismen til at angive månederne for mulige sol- og måneformørkelser, der var beregnet med både Saros- og Exeligmos-perioderne.

Saros-skiven på Mekanismen havde fire spiralformede riller, hvor viseren blev ført igennem og pegede på en sektion. Der var 223 sektioner – én for hver måned – som viseren kunne pege på. Det var ikke alle sektioner, som havde inskriptioner, da de fleste af månederne ikke havde nogen sol- eller måneformørkelse. De fleste tegn i inskriptionerne er blevet tydet, og de er typisk en forkortelse eller en henvisning til forklaringerne:

Tegn	Græsk forkortelse	Betydning
Σ	ΣΕΛΕΝΕ (Selene)	Måneformørkelse
H	ΗΛΙΟΣ (Helios)	Solformørkelse
H ^M	ΗΜΕΡΑΣ (hemeras)	Af dagen
N ^V	ΝΥΚΤΟΣ (nyktos)	Af natten
ω ^P (ligner et anker)	ΩΡΑ (ora)	Time

Tegnene i sektionerne beskrev altså, hvornår en mulig sol- eller måneformørkelse kunne forekomme. Saros-skiven har været mere kompleks at afkode, men vi håber også, at den kan give os flere informationer om tidspunktet og ophavet for Mekanismen.

Afsluttende bemærkninger

Grækernes behov for at holde fast på månebaserede kalendere gav en relativt kompliceret cyklus-kalender på 76 år, hvilket Antikythera-mekanismen har hjulpet med at holde styr på. Det er formentligt et af Mekanismens væsentlige formål. Ved hjælp af bystaternes kalendere og de græske leges geografi har vi med rimelig stor sandsynlighed bestemt, at Mekanismen var lavet på Rhodos og bestemt til Epirus. Det har bragt os lidt nærmere på, hvem der har lavet Mekanismen,

da den græske astronom og matematiker Apollonius af Perge (ca. 262-190 f.Kr.), som især er kendt for sine afhandlinger om keglesnit, arbejdede på Rhodos på det tidspunkt, hvor skibet mødte sin skæbne ved øen Antikythera. Der er god mulighed for, at Apollonius er ophavsmanden til denne fantastiske mekanisme.

Litteratur

- [1] J. R. Nielsen (2018) Antikkens gådefulde tandhjul, Kvant nr. 3.
- [2] T. Freeth, A. R. Jones, J. M. Steele og B. Yanis (2008) Calendars with Olympiad display and eclipse prediction on the Antikythera Mechanism, Nature, 07/2008, bind 454, s. 614-617.
- [3] P. A. Iversen (2017) The Calendar on the Antikythera Mechanism and the Corinthian Family of Calendars, Hesperia 86, s. 129-203.
- [4] R. A. Parker (1950) The Calendars of Ancient Egypt.
- [5] S. Stern (2012) Calendars in Antiquity.
- [6] A. Jones (2017) A Portable Cosmos.
- [7] M. C. Andersen (2009) Totale solformørkelser nu og i fremtiden, Kvant nr. 3.



John Rosendal Nielsen er lektor ved Aurehøj Gymnasium, hvor han underviser i fysik. Han beskæftiger sig desuden med videnskabshistorie og kosmologi.

Astronomisk Ungdom

Astronomisk Ungdom (AU) er en forening for unge mellem 12–18 år, som er nysgerrige på astronomi. Vi er en del af Astronomisk Selskab, der er Danmarks største frivillige forening for astronomiinteresserede.

Som medlem af Astronomisk Ungdom får du bl.a. mulighed for at deltage i observationsture, hvor du lærer om rummet, og hvordan du selv kan observere Jupiters måner, fjerne galakser og stjerner i Mælkevejen.

Følg Astronomisk Ungdom på Facebook for at holde dig orienteret om fremtidige arrangementer eller kontakt os via mail på au@astronomisk.dk.

¹⁶Saros kommer af det babylonske ord, Sar, hvilket står for intervallet af 3600 år. Ordet blev fejlagtigt forbundet med den unavngivne 223-månedersperiode af Edmund Halley, der i 1691 havde fundet misinformationen i et byzantinsk leksikon af Suidas fra 11. århundrede.

Ørsted-guldmedalje i kemi uddelt



Overrækkelse af H. C. Ørsted-medaljen i guld i Videnskabernes Selskab. Fra venstre ses: Jakob Askou Bøss, energiselskabet Ørsted, Hendes Majestæt Dronningen, prismodtageren Karl Anker Jørgensen, Dorte Olesen (præsident for SNU), Mogens Høgh Jensen (præsident for Videnskabernes Selskab) og Flemming Besenbacher (Carlsberg Mindelegat). Foto: Lars Svankjær.

Dorte Olesen, SNU

Den 16. oktober blev SNUs H. C. Ørsted-guldmedalje i kemi uddelt for første gang i 30 år. Medaljen gik til professor, dr.scient. Karl Anker Jørgensen fra Kemisk Institut på Aarhus Universitet for hans banebrydende arbejde inden for katalytisk kemi, og hans store indsats for at formidle dette vanskeligt tilgængelige emne. Energiselskabet Ørsted er hovedsponsor på uddelingen, og Videnskabernes Selskab og Carlsberg Mindelegat har støttet op om initiativet med at genoptage uddelingerne ved at stille yderligere ressourcer til rådighed, bl.a. med en professionel videooptagelse af det offentlige foredrag, som Karl Anker Jørgensen efterfølgende holdt den 28. oktober i H. C. Ørsted-bygningen på Københavns Universitet.

Karl Anker Jørgensens forskningsfelt er asymmetrisk katalyse. Med udgangspunkt i naturens kemi har han udviklet katalysatorer, der kan styre den tredimensionale dannelse og opbygning af molekyler, der forekommer som spejlbilleder af hinanden, så for eksempel kun ét af spejlbilledmolekylerne dannes. I levende organismer forekommer kun én spejlbilledform af et givent molekyle, så forskningen i dannelsen af disse molekyler rækker langt ud over kemien til mennesker, dyr og planter, og er grundlaget for alt levende. Karl Anker Jørgensens forskning har blandt andet fun-

det industriel anvendelse til fremstilling af medicinalprodukter under mere bæredygtige betingelser.

H. C. Ørsted-medaljen i guld gives for fremragende videnskabelige arbejder inden for fysikkens og kemiens områder. Medaljen uddeles kun sjældent. Senest blev den i 1989 uddelt til professor Thor A. Bak. Den første modtager var pH-skalaens opfinder, professor S. P. L. Sørensen i 1909. I alt er den således nu uddelt 18 gange på 110 år, og blandt modtagerne er også to Nobelpristagere, Niels Bohr (1924) og Aage Bohr (1970).

Karl Anker Jørgensen er født i 1955 og siden 1993 professor i kemi ved Aarhus Universitet. Ud over en strålende videnskabelig karriere er han tidligere atlet, og han vandt i 1970'erne flere danmarksmesterskaber, herunder i tikamp. Hans interesse for katalytisk kemi blev vakt i 1985 som post.doc. hos nobelpristageren Roald Hoffmann ved Cornell University. Karl Anker Jørgensen har publiceret 440 artikler i internationale tidsskrifter, og hans artikler er citeret ca. 37.000 gange.

Der vil i 2020 blive uddelt en tilsvarende medalje i fysik. Indstillinger hertil vil blive indkaldt i begyndelsen af 2020, men kan også allerede nu sendes til snu@naturvidenskab.net.