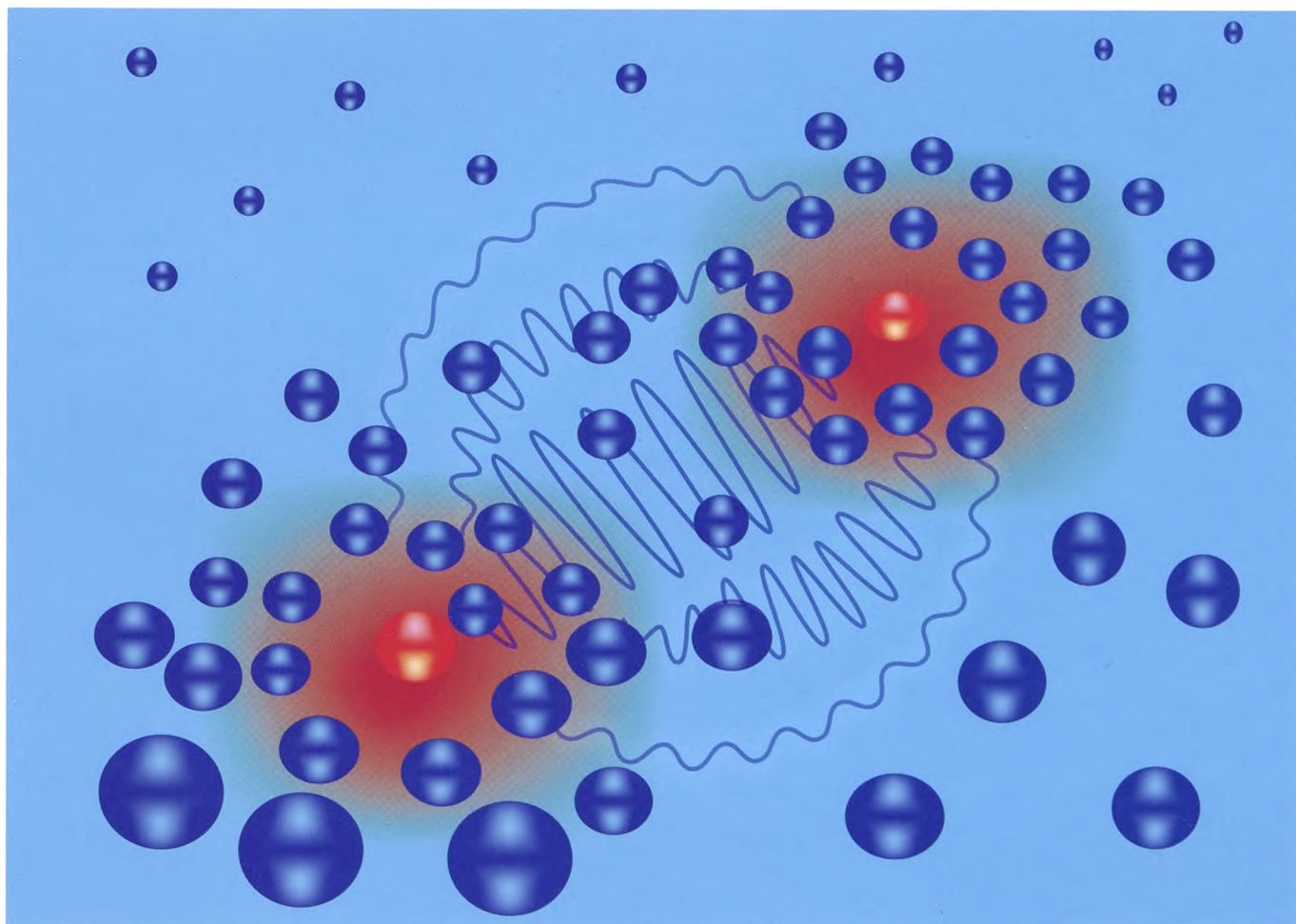


KVANT

April
2019

1

Tidsskrift for Fysik og Astronomi 30. årgang



- DEN DANSKE LORENZ
- TEMPERATUREN OG DEN NYE KELVIN
- KIERKEGAARD OG NATURVIDENSKABEN
- KVANTESIMULATION AF KVASIPARTIKLER
- NIELS BOHR OG HESTESKOEN – HISTORIEN OM EN ANEKDOTE
- LAACHER SEE-VULKANUDBRUDET OG EFFEKTEN PÅ KLIMAET

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
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 Rugh
Julie Søgaard (Facebookredaktør og AS)
Sarah Pepke Pedersen (korrektur)

Abonnementspris : 180 kr./år.

Kvant udkommer 4 gange årligt og er medlemsblad 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 reprojekteret materiale i farver. Henvendelser om annoncer til redaktøren på: kvant@kvant.dk (tlf. 28 91 87 74).

Tryk

Vestergaards Bogtrykkeri A/S.
Oplag: 2500.

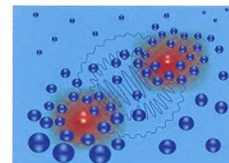
Produktionsplan

Nr. 2-19 udkommer ca. 15. juni
Nr. 3-19 udkommer ca. 15. september
Deadline for mindre bidrag og annoncer er ca. en måned før, længere artikler skal modtages to måneder før.

Indhold:

Kvantesimulation af kvasipartikler <i>Georg M. Bruun</i>	3
To slags tilvækster i dagens længde? Nærlæsning af Almanakken <i>Christian Marinus Taisbak</i>	6
Temperaturen og den nye kelvin <i>Finn Berg Rasmussen</i>	7
Breddeopgave 79. Klodesprængning <i>Jens Højgaard Jensen</i>	10
Kierkegaard og naturvidenskaben <i>René Rosfort</i>	12
Laacher See-vulkanudbruddet og effekten på klimaet <i>Felix Riede, Christian Tegner, Claudia Timmreck, Ulrike Niemeier, Anja Schmidt, Clive Oppenheimer og Anke Zernack</i>	19
Hæderspris til Kristine Niss	23
Niels Bohr og hesteskoen – historien om en anekdote <i>Søren Nørby</i>	24
Kommende foredrag	28
Den danske Lorenz <i>Anja Skaar Jacobsen</i>	29
Aktuelle bøger <i>John Rosendal Nielsen og Jeppe Willads Petersen</i>	31
Korrektioner	32
KVANT-nyheder <i>Christine Pepke Gunnarsson</i>	33
Foreningsnyt	34
16 solopgange <i>Jens Olaf Pepke Pedersen</i>	Bagsiden

Billedet på forsiden viser to kvasipartikler, der vekselvirker med hinanden ved at udveksle bølger i det omkringliggende medium. Læs mere i Georg M. Bruuns artikel på side 3.



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).

Kvantesimulation af kvasipartikler

Af Georg M. Bruun, Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet

Kvantemekanikkens ligninger er så komplekse, at de kun kan løses eksakt for nogle få simple systemer. Et centralt problem i den moderne fysik er derfor at forstå realistiske systemer bestående af mange vekselvirkende partikler. I denne artikel diskuterer vi, hvordan man heldigvis i mange tilfælde kan forsimple problemet drastisk ved at beskrive sådanne systemer ved hjælp af partikellignende objekter – de såkaldte kvasipartikler. Vi forklarer, hvordan denne elegante teori, udviklet af den russiske fysiker Landau og anvendt overalt i fysikken, fornyligt er blevet undersøgt i epokegørende eksperimenter bl.a. ved Aarhus Universitet ved brug af kvantesimulatorer bestående af atomare gasser.

Kvasipartikler

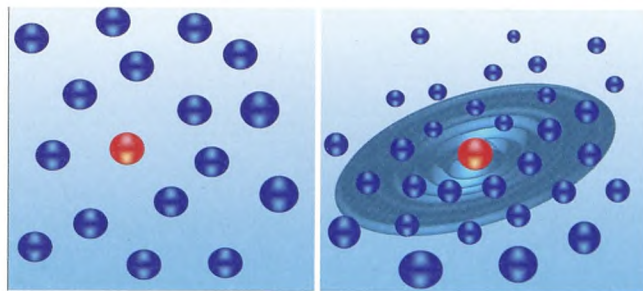
Vi har alle en klar fornemmelse af, hvad en partikel er, og vi bruger hele tiden vores intuition til at forudse, hvordan de opfører sig. Fx kan langt de fleste kaste og gribe en tennisbold med en vis sikkerhed. Den præcise matematiske formulering af sådanne makroskopiske partiklers bevægelse, dvs. deres position og hastighed, blev formuleret af Isaac Newton i hans verdensberømte værk "Principia" i 1687. De er derfor kendt som Newtons love. I begyndelsen af det 20. århundrede gennemrystedes fysikken af endnu en revolution, da det gik op for Niels Bohr og hans kollegaer, at Newtons love bryder sammen på små længdeskalaer, hvor de skal erstattes af den langt mere komplicerede kvantemekanik. De grundlæggende kvantemekaniske ligninger er så komplekse, at det selv med de hurtigste computere kun er muligt at løse dem for et meget begrænset antal simple systemer. Et grundlæggende problem i den moderne fysik er derfor at forstå realistiske kvantesystemer, der ofte består af mange partikler på atomar eller subatomar skala.

Her kommer den menneskelige intuition, nu i skikkelse af den russiske fysiker Lev Landau, heldigvis til hjælp, og angiver en genvej til at løse dette problem [1, 2]. Landau udførte følgende tankeeksperiment: start med en idealgas, der består af mange partikler, som ikke vekselvirker med hinanden. Idealgassen er forholdsvis enkel at forstå, da den er beskrevet fuldstændigt af de kvantetilstande, hver enkelt partikel er i. Forestil dig nu, at du langsomt skruer op for vekselvirkningen mellem partiklerne. Landau postulerede så, at med mindre der sker noget drastisk som fx en faseovergang, vil kvantetilstandene af idealgassen kontinuert udvikle sig til kvantetilstandene af det vekselvirkende system, når vekselvirkningsstyrken gradvist øges. Specifikt vil de ikke-vekselvirkende partikler i idealgassen svare én til én til såkaldte kvasipartikler i det vekselvirkende system, se figur 1.

Landau gav endvidere et klart og intuitivt billede af, hvordan vi skal forestille os en kvasipartikel. Hvis man langsomt skruer op for styrken af fx en tiltrækkende vekselvirkning, vil en partikel tiltrække en stadigt større sky af de omkringliggende partikler. Jargonen blandt fysikere er, at partiklen bliver "klædt på" af den omgivende sky. En kvasipartikel kan derfor tænkes som bestående af den "bare" partikel fra idealgassen og den

omkringliggende sky, som illustreret på figur 1.

Det fantastiske ved Landaus kvasipartikelteori er, at den drastisk forenkler beskrivelsen af et ekstremt kompliceret vekselvirkende kvantesystem, så den bliver næsten lige så simpel som for en idealgas: Systemets lave energitilstande består ganske enkelt af en eller flere kvasipartikler. Rent faktisk kan man i mange tilfælde (dog ikke altid!) forstå dynamikken af kvantesystemet ud fra et simpelt intuitivt billede af "almindelige" partikler såsom tennisbolde, der kolliderer med hinanden.



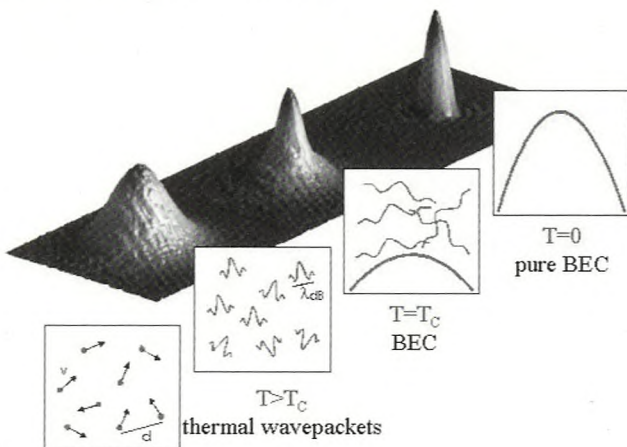
Figur 1. Venstre: En partikel i en gas uden vekselvirkninger. Højre: Når der skrues op for en attraktiv vekselvirkning, tiltrækker den de omkringliggende partikler og skaber dermed en kvantemekanisk tilstand, som fysisk bedst kan beskrives som en kvasipartikel. Kvasipartiklens masse er typisk større end den "bare" partikel, fordi den trækker en sky af atomer med sig rundt.

For at beskrive vekselvirkende kvantesystemer ved hjælp af Landaus teori skal man bruge nogle få inputparametre: kvasipartiklernes masse, levetid og deres vekselvirkning. Disse parametre er typisk fænomenologiske, da de er svære at udregne fra den grundlæggende mikroskopiske kvantemekanik. Fx er faste stoffer ofte præget af urenheder og andre ukontrollerede effekter, som i praksis umuliggør en mikroskopisk beregning af kvasipartiklernes egenskaber. Derfor har det indtil fornyligt været svært at udforske det kvantemekaniske grundlag for Landaus teori, altså hvordan kvasipartikler helt præcist dannes mikroskopisk ud fra de "bare" partikler i et kvantesystem.

Atomare kvantegasser

Det er her atomare kvantegasser kommer ind i billedet. En atomar kvantegas er en sky bestående af fx ^{39}K -atomer fanget i et vakuumkammer. Atomerne er nedkølet til en ekstremt lav temperatur for at få kvanteeffekter i spil. Den typiske udstrækning af den

kvantemekaniske bølgefunktion for en partikel med massen m er nemlig givet ved de Broglie-bølgelængden $\lambda = (2\pi\hbar^2/mk_B T)^{1/2}$, hvor k_B og $\hbar$ er hhv. Boltzmanns og Plancks konstant, og T er temperaturen. Når temperaturen sænkes, bliver partiklernes bølgepakker derfor større og større, og til sidst begynder de at overlappe. Når det sker, bliver partiklernes bølgeegenskaber vigtige, og kvantemekaniske effekter sætter ind. Altså vil kvantemekanik være vigtig for en gas med tætheden n , når $n\lambda^3 \sim 1$, og man siger da, at gassen er kvantede-genereret. Fx indtræder Bose-Einstein-kondensation, som er en udpræget kvantemekanisk effekt, når $n\lambda^3 \simeq 2.6$ for en idealgas af bosoner, se figur 2. Atomare Bose-Einstein-kondensater er beskrevet i et tidligere nummer af Kvant [3]. Den typiske tæthed for atomare gasser er $n = 10^{12} - 10^{14} \text{ cm}^{-3}$, og de skal derfor køles helt ned til temperaturer omkring $T \simeq 10^{-6} \text{ K}$ for at se kvantemekaniske effekter. Heldigvis har fysikere i en teknologisk tour de force gennem de sidste tyve år udviklet avancerede teknikker, som kan køle atomare gasser helt ned til $T \simeq 10^{-9} \text{ K}$. Det har indtil videre givet to Nobelpriser, og det hævdes, at det koldeste sted i universet er i et vakuumkammer med en ultrakold atomar gas her på Jorden [4]!



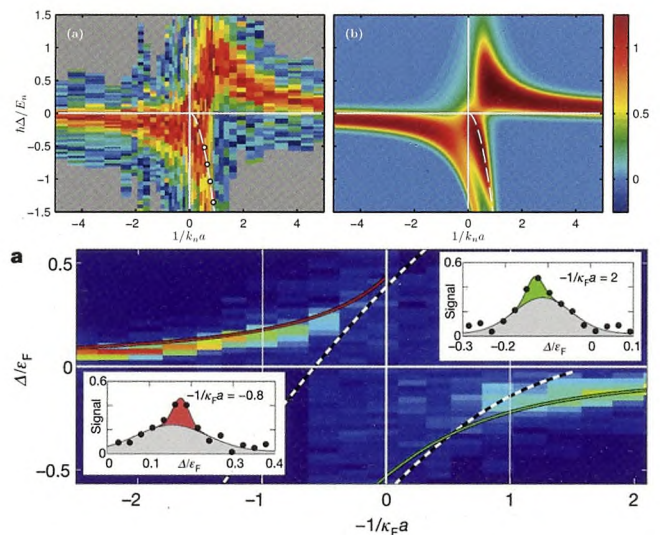
Figur 2. Når en sky af bosoner køles ned, bliver udstrækningen af bølgepakken for hver partikel større og større. Ved tilstrækkelig lav temperatur begynder de derfor at overlappe, og partiklerne kondenserer ned i den samme kvantemekaniske tilstand ved den kritiske temperatur T_c . Det resulterende Bose-Einstein-kondensat har en meget høj tæthed. Overfladeplottene er rigtige eksperimentelle data for tætheden af skyen.

Hvorfor arbejder man så hårdt for at lave kvantede-genererede gasser? Grunden er, at de er meget rene, og man kan kontrollere dem i hidtil uset grad ved brug af lasere og magnetfelter. De atomare gasser kan så at sige skræddersys til at have præcis de ønskede egenskaber, og man er samtidigt fri for alle de ukendte parametre, som plager mere konventionelle systemer. Det betyder, at man kan studere kvantemekanik i stor detalje og i regimer, som aldrig er set før. Siden de første Bose-Einstein-kondensater blev realiseret i 1995 med atomare kvantegasser [5, 6], har de derfor udviklet sig til en utrolig fleksibel platform for kvantesimulation: man designer dem til at opføre sig som det system, man gerne vil studere. På den måde kan komplicerede kvantemekaniske problemer udforskes, som ikke kan

løses på selv de hurtigste klassiske computere – ved simpelthen at spørge naturen direkte!

Kvantesimulation af kvasipartikler

Vi kan nu vende tilbage til kvasipartiklerne. Man kan nemlig bruge atomare gasser til at realisere Landaus tankeeksperiment beskrevet ovenfor. Idéen er ganske enkelt at indsætte et enkelt atom af en anden slags, en såkaldt “urenhed”, i en atomar kvantegas. Urenhedsatomet vekselvirker med kvantegassen og danner dermed en kvasipartikel som illustreret på figur 1. En fantastisk egenskab ved atomare gasser er, at man nemt kan justere styrken på vekselvirkningen mellem atomerne blot ved at ændre et ydre magnetisk felt. Specifikt kan vi ved langsomt at skrue op for vekselvirkningen mellem urenhedsatomet og kvantegassen i detaljer studere, hvordan urenhedsatomet gradvist udvikler sig til en kvasipartikel ved at samle en sky af atomer omkring sig. Det er præcis Landaus tankeeksperiment, som beskrevet tidligere, der danner grundlag for hans teori om kvasipartikler. Han forestillede sig næppe, at det nogensinde ville blive realiseret, men med moderne teknologi blev eksperimentet rent faktisk udført i 2015 i to laboratorier uafhængigt af hinanden!



Figur 3. På det øvre plot ses energispektret for et urenhedsatom i et Bose-Einstein-kondensat som funktion af vekselvirkningsstyrken. Plottet til venstre er data fra Aarhus-eksperimentet, og det til højre er de teoretiske beregninger. Bemærk, at x-aksen er $1/k_F a$, hvor k_F^{-1} er proportional med den gennemsnitlige afstand mellem bosonerne. Fra ref. [7]. På det nedre plot ses energispektret målt i Innsbruck-eksperimentet for et urenhedsatom i en Fermigas som funktion af vekselvirkningsstyrken. Linierne er teoretiske beregninger. Fra ref. [8].

Den ene af de to eksperimentelle grupper er ledet af Jan Arlt ved Aarhus Universitet. Først dannede hans gruppe et Bose-Einstein-kondensat af ^{39}K -atomer, hvorefter de ændrede spintilstanden af nogle få atomer, så de blev til urenhedsatomer. Urenhedsatomerne dannede kvasipartikler ved at vekselvirke med atomerne i kondensatet, og Jan Arlts gruppe kunne nu ændre vekselvirkningen og måle kvasipartiklens energi. På figur 3 ses de eksperimentelle data for kvasipartiklens energi som funktion af den såkaldte spredningslængde a , der

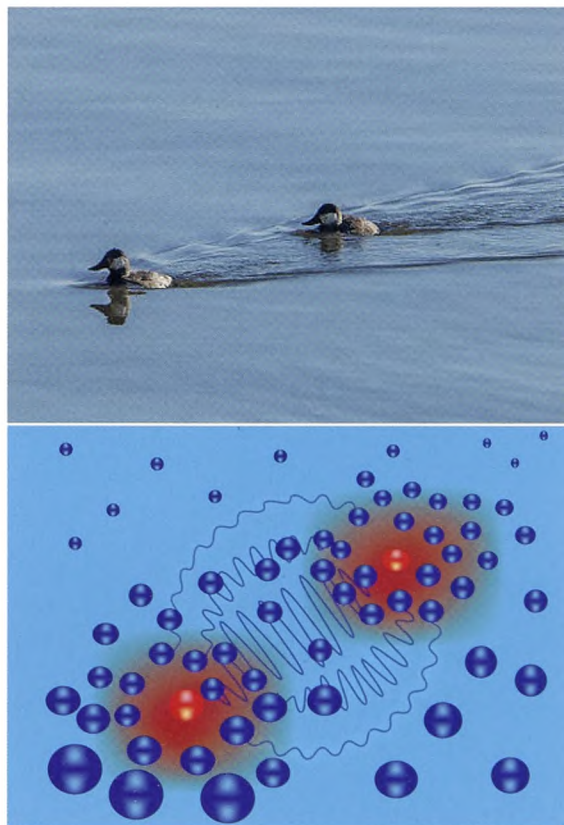
angiver styrken af vekselvirkningen mellem urenhedsatomet og atomerne i kondensatet. Mine samarbejdspartnere og jeg beregnede kvasipartiklens energi ved hjælp af kvantemekanik, og som man kan se på figur 3, er der god overensstemmelse mellem de eksperimentelle data og vores teori. Denne overensstemmelse er bemærkelsesværdig, fordi der ikke er nogle frie parametre i teorien, da atomare gasser som sagt er meget rene. Specielt er det overraskende, hvor godt teori og eksperiment passer for $1/k_F a = 0$, hvor spredningslængden er uendelig og vekselvirkningen så stærk som kvantemekanisk muligt! En sådan konsistens mellem teori og eksperiment er sjælden for kvantesystemer med mange partikler, fordi de kvantemekaniske ligninger generelt er så komplicerede. Overensstemmelsen mellem teori og eksperiment gjorde, at vi med sikkerhed kunne annoncere den første observation af en kvasipartikel i et Bose-Einstein-kondensat i verden! Vores resultater blev opnået parallelt med og i skarp konkurrence med en gruppe ledet af Nobelpristageren Eric Cornell ved JILA i Colorado, USA. Efter lidt diskussion frem og tilbage mellem de to grupper, besluttede vi os for, at artiklerne skulle publiceres lige efter hinanden i det anerkendte tidsskrift *Physical Review Letters* [7, 9].

I et tidligere eksperiment udført af en eksperimentel gruppe ledet af Rudolf Grimm i Innsbruck blev ^{40}K -urenhedsatomer studeret i en ultrakold gas bestående af ^6Li -atomer. Den væsentlige forskel er, at ^6Li -atomerne er fermioner, hvorimod atomerne i kondensaterne i Aarhus og JILA er bosoner. Altså studerede man i Innsbruck kvasipartikler i et fermionisk reservoir. Min samarbejdspartner og jeg beregnede kvasipartiklens energi, og som det kan ses på figur 3, var der også her god overensstemmelse mellem teori og eksperiment. Heraf kunne vi konkludere, at vi som de første i verden havde observeret en kvasipartikel i en Fermi-gas med stærke frastødende vekselvirkninger [8]!

Perspektiver

Den eksperimentelle observation af kvasipartikler i atomare kvantegasser åbner for spændende perspektiver. Som sagt er atomare gasser en ekstremt fleksibel og effektiv platform for kvantesimulation, og den kan nu bruges til at udforske Landaus banebrydende teori om kvasipartikler systematisk og i regimer, som aldrig er set før. Eksperimenterne i Innsbruck, JILA og Aarhus realiserede Landaus tankeeksperiment i virkeligheden, og kombineret med de teoretiske beregninger kunne vi give hans intuition om kvasipartikler et mikroskopisk fundament. Som resultat af de to ovennævnte eksperimenter har mange teoretikere derfor kastet sig over emnet. Selv har jeg fx forudsagt, at kvasipartiklen i kondensatet ret overraskende splitter sig op i to kvasipartikler, når temperaturen er så høj, at kondensatet er tæt på at smelte [10]. En lignende opsplittning af kvasipartikler er forudsagt i varme elektron- og kvarkgluon-plasmaer, hvilket giver en overraskende forbindelse mellem atomare gasser, som jo er de koldeste systemer på jorden med $T \simeq 10^{-9} - 10^{-6}$ K, og så quark-gluon-plasmaer, som med en temperatur på $T \simeq 10^{12}$ K er de varmeste systemer på Jorden!

Endvidere vekselvirker to kvasipartikler i et kondensat temmelig stærkt med hinanden via udveksling af lydbølger – lidt ligesom to ænder kan mærke hinanden via de bølger, de udsender som illustreret på figur 4. Vekselvirkningen mellem kvasipartiklerne er tiltrækkende, og jeg har været med til at vise, at den faktisk er stærk nok til at binde to kvasipartikler sammen i et molekyle [11, 12]. Molekyler bestående af to kvasipartikler, ofte kaldet bipolaroner, står bag den elektriske ledningsevne af polymere kæder, organisk magnetoresistans og sågar visse former for eksotisk superledning. Det vil derfor være et stort fremskridt, hvis vi kan studere bipolaroner systematisk ved hjælp af atomare kvantegasser.



Figur 4. To kvasipartikler vekselvirker med hinanden ved at udveksle bølger i det omkringliggende medium, lidt ligesom anden til venstre sender bølger mod den til højre.

Alt i alt står vi nu med en enestående mulighed for bruge atomare gasser som effektive kvantesimulatorer til at udforske kvasipartikler. Givet den fundamentale rolle, de spiller for vores forståelse af naturen, vil det højst sandsynligt resultere i en række vigtige resultater. Aarhus Universitet huser et verdensledende miljø inden for dette stærkt konkurrenceprægede felt, bestående af teoretiske såvel som eksperimentelle grupper, der arbejder tæt sammen. Det bliver spændende at se, hvad mere vi kan lære om Landaus geniale idé i de kommende år!

Litteratur

- [1] L. D. Landau, "The theory of a Fermi liquid," *J. Exp. Theor. Phys.*, vol. 3, no. 6, pp. 920–925, 1957.
- [2] G. Baym and C. Pethick, *Landau Fermi-Liquid Theory: Concepts and Applications*. Wiley-VCH, 1991.

- [3] K. T. Therkildsen and J. W. Thomsen, "Bose Einstein kondensation i atomare gasser - når atomer bliver til kvantebølger," *KVANT*, vol. 19, no. 2, pp. 20–23, 2008.
- [4] <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/the-coldest-place-in-the-universe-8121922/>.
- [5] M. H. Anderson, J. R. Ensher, M. R. Matthews, C. E. Wieman, and E. A. Cornell, "Observation of Bose-Einstein condensation in a dilute atomic vapor," *Science*, vol. 269, no. 5221, pp. 198–201, 1995.
- [6] K. B. Davis, M. O. Mewes, M. R. Andrews, N. J. van Druten, D. S. Durfee, D. M. Kurn, and W. Ketterle, "Bose-Einstein condensation in a gas of sodium atoms," *Phys. Rev. Lett.*, vol. 75, pp. 3969–3973, Nov 1995.
- [7] N. B. Jørgensen, L. Wacker, K. T. Skalmstang, M. M. Parish, J. Levinsen, R. S. Christensen, G. M. Bruun, and J. J. Arlt *Phys. Rev. Lett.*, p. 055302, Jul.
- [8] C. Kohstall, M. Zaccanti, M. Jag, A. Trenkwalder, P. Massignan, G. M. Bruun, F. Schreck, and R. Grimm, "Metastability and coherence of repulsive polarons in a strongly interacting fermi mixture," *Nature*, vol. 485, pp. 615–618, May 2012.
- [9] M.-G. Hu, M. J. Van de Graaff, D. Kedar, J. P. Corson, E. A. Cornell, and D. S. Jin, "Bose polarons in the strongly interacting regime," *Phys. Rev. Lett.*, vol. 117, p. 055301, Jul 2016.
- [10] N.-E. Guenther, P. Massignan, M. Lewenstein, and G. M. Bruun, "Bose polarons at finite temperature and strong coupling," *Phys. Rev. Lett.*, vol. 120, p. 050405, Feb 2018.
- [11] A. Camacho-Guardian and G. M. Bruun, "Landau effective interaction between quasiparticles in a Bose-Einstein condensate," *Phys. Rev. X*, vol. 8, p. 031042, Aug 2018.
- [12] A. Camacho-Guardian, L. A. Peña Ardila, T. Pohl, and G. M. Bruun, "Bipolarons in a Bose-Einstein condensate," *Phys. Rev. Lett.*, vol. 121, p. 013401, Jul 2018.



Georg M. Bruun er teoretisk fysiker ved Aarhus Universitet og beskæftiger sig med ultrakolde atomare gasser. Hans forskning fokuserer på emner som superledning, transport, magnetisme og topologiske tilstande.

To slags tilvækster i dagens længde? Nærlæsning af Almanakken

Christian Marinus Taisbak, dr.phil. (*De eksakte videnskaber i oldtiden*), Vordingborg

Så skal vi til det igen, blade i Skriv-og Rejsekalenderen for at repetere udviklingen i dagslyset. Ikke mindst i disse valgtider: skal vi bevare timeskiftet i marts og oktober, eller skal vi have sommer- eller normaltids hele året? Og når det nu altid siges ved vintersolhverv, at "nu går det mod lysere tider" – hvorfor er det så stadig så mørkt i hele januar måned, ja og i februar med? Og hvor stor er egentlig forskellen på den korteste og længste dag i København?

Jeg sætter mig til at kigge på Almanakkens oplysninger om dagenes månedlige tilvækst, som er angivet øverst i hver måned. Fra vintersolhverv til det gamle års udgang voksede dagen med 6 minutter. Dem husker vi, og begynder at lægge sammen:

(December)	6 ^m
Januar	1 ^h 27 ^m
Februar	1 ^h 58 ^m
Marts	2 ^h 19 ^m
April	2 ^h 9 ^m
Maj	1 ^h 45 ^m
Juni til d. 21.	25 ^m
I alt	10 ^h 9 ^m

Men hov, der er da en lettere metode, for den længste dag er (side 26) 17^h 27^m, og den korteste 6^h 56^m (side 38), altså en forskel på 10^h 31^m. Hvor er de ekstra 22 minutter kommet fra / blevet af? For de to resultater bør vel være ens? Bliver brugeren ikke snydt for 3–4 minutters optimisme hver måned?

Forskellen opstår ved, at Almanakken sammenligner første og sidste dags længde i den enkelte måned og ikke længderne af den første dag i hver af to på hinanden følgende måneder – som vistnok ellers er standardmetoden for sammenligninger af ensartede længder. Jeg har i flere år gjort redaktionen opmærksom på divergensen, og fået forskellige svar. Jeg har samtidig udtrykt undren over, at standardmetoden synes at have været anvendt af Almanakkerne i hele den sidste halvdel af det 20. århundrede (som er dem, jeg har liggende). I midten af 00'erne gik man (af mig ukendte grunde) over til at anvende et edb-program, som altså afstedkommer det halvårslige forsvindingsnummer. En regnefejl? Alternative fakta? Medgivet: det er en bagatel – men skal den være der?

Temperaturen og den nye kelvin

Finn Berg Rasmussen, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet og KVANT

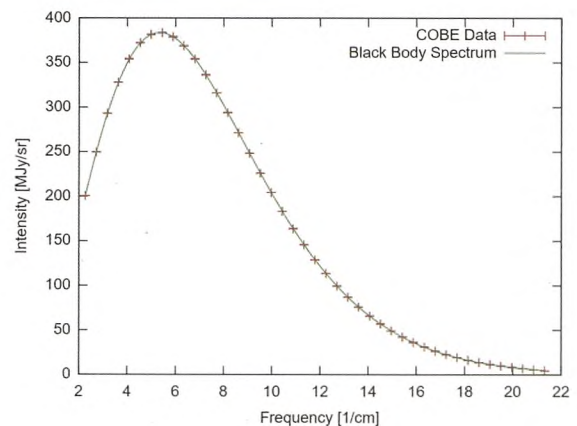
Fra 13. til 16. november 2018 har Generalkonferencen for Mål og Vægt holdt sit 26. møde. Her godkendtes nye definitioner af fire af SI-systemets grundenheder, kilogram, ampère, kelvin og mol. De sidste forberedelser til denne ændring har stået på siden 2011, hvor den 24. Generalkonference formulerede krav til målenøjagtighed og reproducerbarhed som forudsætning for nye definitioner.

De nye definitioner

Hver af de oprindelige internationale enheder var baseret på en størrelse af samme slags: Enheden for masse – et kilogramlod – var selv en masse, enheden for længde var en meterstok, altså en længde, enheden for temperatur blev fastlagt ved et temperaturinterval osv. Med udviklingen af stadigt stigende nøjagtighed og pålidelighed af målemetoder er det blevet muligt at måle og reproducere værdier af nogle af naturkonstanterne mere præcist, end de relevante måleenheder kan realiseres. Når dette indtræffer, bliver det rimeligt at opdatere enhedernes definition. I de officielle papirer fra BIPM (Bureau International des Poids et Mesures) understreges det, at dette års nye definitioner kun har betydning i tilfælde, hvor der kræves helt ekstrem nøjagtighed. I almindelig målepraksis vil man ikke mærke noget til ændringerne.

Sekundet blev i 1968 defineret gennem en nøje specificeret overgangsfrekvens i atomer af cæsium-133. *Meteren* har siden 1983 været defineret som den afstand, lyset tilbagelægger i en vis tid, det vil sige, at lyshastigheden er blevet tildelt en bestemt værdi. De nye definitioner af yderligere fire af de syv grundenheder går videre ad denne vej, idet fire relevante naturkonstanter defineres med hver sin bestemte værdi. Det siger sig selv, at disse værdier er de nøjagtigste, man indtil nu har kunnet bestemme og reproducere mellem forskellige standardlaboratorier [1] og ved forskellige metoder på grundlag af de eksisterende enheder.

Mens man let kan forestille sig et særligt fint kilogramlod som international masseenhed, er det betydeligt sværere at se, at det nu kan erstattes af en defineret værdi af Plancks konstant (i kombination med meteren og sekundet). Det eksperimentelle grundlag er tidligere beskrevet i KVANT [2]. En ampère bliver nu defineret gennem elektronens ladning, hvilket til gengæld er langt mere pædagogisk – man kan lige se for sig strømmen af elektroner gennem en ledning fremfor de mere u håndgribelige virkninger af et magnetfelt. Det samme kan siges om definitionen af mol: nu tildeles Avogadros tal en bestemt værdi, og dét er antallet af atomer, molekyler eller andet i et mol. For temperatur tager man konsekvensen af, at den, som påpeget af Feynman [3], dybest set er et mål for en (gennemsnits)energi, og definerer enheden kelvin ved hjælp af omsætningsfaktoren mellem energi og temperatur, Boltzmanns konstant. Om man under denne nye filosofi kan finde temperaturen, er emnet for denne artikel.



Figur 1. Baggrundsstrålingen fra universet ligner en perfekt sortlegeme-stråling fra et legeme med $T = 2,72548 \pm 0,00057$ K [4].

Plancks strålingslov

Danmarks første kvindelige fysiker Kirstine Meyer beskæftigede sig [5] indgående med de tidlige forestillinger om varmt og koldt. Begyndelsen til vores temperaturbegreb sås først omkring år 1600, hvor Galilei benyttede et instrument, som vi ville kalde et luft- eller gastermometer. Efter min mening må oldtidens smede imidlertid have været i stand til at bruge varmestråling for at vurdere, hvornår deres glødende jern har været passende varmt. Det har de kunnet gøre, fordi farven på udstrålingen afhænger af jernets temperatur: rødglødende jern er meget varmt – hvidglødende endnu varmere.

En genstand ved temperaturen T udsender en elektromagnetisk stråling, hvis intensitet $I(\nu)$ afhænger af frekvensen ν , som beskrevet i *Plancks strålingslov*:

$$I(\nu) = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \frac{h\nu}{\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1}. \quad (1)$$

Her betyder c lyshastigheden, h Plancks konstant og k Boltzmanns konstant.

Strengt taget skal genstanden kunne betragtes som et absolut sort legeme, dvs. et legeme, der absorberer al stråling (alle bølgelængder), der rammer det. Det er ren matematik at regne ud, at funktionen $I(\nu)$ har maksimum, når den dimensionsløse størrelse $z = h\nu/(kT)$ har en vis værdi z_0 (≈ 2.82). Hvis den tilsvarende frekvens er ν_0 , er temperaturen

$$T = \frac{h\nu_0}{kz_0}. \quad (2)$$

Heraf ses, at spektret flytter til højere frekvens, når temperaturen stiger.

Langt større nøjagtighed opnås, hvis man kan måle hele spektret og tilpasse Planck-funktionen i ligning (1) med temperaturen som tilpasningsparameter. Det mest spektakulære eksempel på dette er baggrundsstrålingen fra universet, der ligner en perfekt sortlegeme-stråling fra et legeme med $T = 2,72548 \pm 0,00057$ K [4]. Strålingen ligger i øvrigt i mikrobølgeområdet, idet frekvensen ν_0 ved maksimum er ca. 160 GHz.

I praksis er der mange tilfælde, hvor det er en stor fordel, undertiden eneste udvej, at bruge Planck-strålingen til temperaturmåling. Instrumenter til dette brug, pyrometre, findes i forskellige varianter, blandt andre mange håndholdte. De første pyrometre indeholdt en glødetråd, hvis temperatur kunne reguleres med en elektrisk strøm, indtil farven passede med det undersøgte objekt. Blandt moderne pyrometre har nogle en varmefølsom sensor, som opfanger hele spektret. Andre har frekvens-selektive sensorer eller filtre. Teoretisk kan den samlede intensitet I (den samlede varmestråling) i spektret findes ved en rigtig lærebogsberegning, hvis resultat er

$$I = \int_0^\infty I(\nu) d\nu = \sigma T^4, \quad (3)$$

hvor σ er en konstant, Stefan-Boltzmann-konstanten:

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3}. \quad (4)$$

Varmestrålingen har således en meget stærk temperaturafhængighed.

Som nævnt forudsætter de foregående ligninger, at strålingen kommer fra et "absolut sort legeme". Man taler også om "hulrumsstråling". Den sidste betegnelse skyldes, at ligning (1) er udledt ved at analysere mulighederne for stående elektromagnetiske bølger i et lukket hulrum. Jo kortere bølgelængde, der betragtes, jo flere bølgemuligheder vil der være, og en klassisk-fysisk beregning ville medføre, at energitætheden blev uendeligt stor ("ultravioletkatastrofen"). Korte bølgelængder betyder høje frekvenser og dermed høje fotonenergier $h\nu$. Sandsynligheden for høje energier ved en given temperatur aftager imidlertid kraftigt med voksende energi (se Boltzmann-faktoren ligning (5) nedenfor), hvorfor man når til en endelig energitæthed. Fotonstrømmen ud af en lille åbning fra hulrummet ud til det fri vil afspejle frekvensfordelingen inde i hulrummet.

Udstrålingen fra virkelige genstandes overflader vil opvise mindre eller større afvigelser fra Planck-fordelingen [6]. For det meste reflekterer blankpolerede metaloverflader som bekendt omtrent alle bølgelængder i det synlige område. Når kobber er rødt, skyldes det absorption af høje fotonenergier end svarende til rødt. Planternes blade er grønne, fordi klorofyl absorberer kraftigt i rødt og i blå og svagere midt i spektret. Det forhindrer ikke, at udstrålingen fra en given genstand er temperaturafhængig. Hvis der kræves stor nøjagtighed, må man derfor ved brug af et pyrometer være opmærksom på, hvilket spektrum instrumentet er kalibreret ved.

Paramagnetisme. Boltzmann-faktoren

Ved behandling af systemer, der består af mange partikler, må man anvende statistisk fysik. Strålingsloven var den første anvendelse på et kvantesystem.

Lad os se på et simpelt system bestående af et stort antal ens partikler, som hver især kun har to kvantetilstande med energierne ϵ_1 og ϵ_2 . Det kan være en samling elektroner i et magnetfelt, hvor elektronernes spin kun kan pege enten "op" eller "ned". Elektronens magnetiske moment vil så forårsage en energiforskel $\epsilon_2 - \epsilon_1$ mellem de to spinretninger. Energiforskellen kan måles i et resonansforsøg, hvor elektronerne absorberer elektromagnetiske kvanter $h\nu$. Den enkelte partikels magnetiske moment μ kan fås af energiforskellen ved division med magnetfeltet. Ved enhver endelig temperatur vil antallet N_1 af spin i det nederste niveau være større end antallet N_2 i det øverste. Forskellen giver anledning til et samlet magnetisk moment (en magnetisering), hvis absolutte størrelse kan findes ud fra resonansspektret eller ved susceptibilitetsmålinger. Med kendskab til $N_1 - N_2$ og til det samlede antal $N = N_1 + N_2$ kan antallene N_1 og N_2 beregnes hver for sig. Forholdet imellem dem er ifølge den statistiske fysik bestemt ved *Boltzmann-faktoren*, som indeholder temperaturen:

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp\left(-\frac{\epsilon_2 - \epsilon_1}{kT}\right). \quad (5)$$

Temperaturen kan herefter beregnes af ligning (5), men metoden har sine begrænsninger. For det første er de involverede energier så små, at Boltzmann-faktoren er meget tæt på 1, undtagen ved millikelvintemperaturer (eller for atomkernespin, mikrokelvintemperaturer). For det andet gælder det simple billede kun, hvis partiklernes momenter ikke påvirker hinanden. Spinsystemet kan have en ordnet tilstand, fx ferromagnetisk, ved lav temperatur, og når man nærmer sig denne, kan ligning (5) ikke længere bruges. For det tredje er det altid vanskeligt at måle absolutte størrelser.

Klassisk termodynamik

Noget af det første, man møder i traditionel varmelære, er tilstandsligningen for en såkaldt ideal gas:

$$pV = nRT, \quad (6)$$

hvor p er gassens tryk, V rumfanget og n stofmængden (med enheden mol). Gaskonstanten R er defineret i det nye SI, idet den er produktet af Avogadros konstant N_A og Boltzmanns konstant k , $R = N_A k$. Man skal altså blot måle tryk og rumfang af en vis mængde gas for at kunne beregne temperaturen. Det ser ganske let ud, og ligningen er anvendelig over et stort temperaturområde.

Men hvordan kan man vide, om gassen kan betragtes som ideal under de anvendte betingelser? Man kunne måle isotermer og prøve, om pV er konstant (der findes mange temperaturfølsomme detektorer, der i hvert fald kan bruges til at *genkende* en temperatur). Herudover kommer vanskeligheden ved at måle rumfang og stofmængde med tilstrækkelig nøjagtighed. I det eksisterende SI er temperaturen af rent vands triplepunkt defineret med 5 betydende cifre (273,16 K

eksakt), og den nye SI-kelvin (k med 7 betydende cifre) er kun relevant, hvis man kan gøre det bedre.

Boks 1: Grundenhederne i det nye SI

(Uddrag af forslag til resolution A ved CGPM's 26. møde 13.-16. november 2018. Oversat fra den engelske tekst).

CGPM har på sit 26. møde besluttet, at fra den 20. maj 2019 er Det Internationale Enhedssystem, SI, det enhedssystem, hvor:

- frekvensen svarende til hyperfinopsplittningen af den uperturberede grundtilstand i atomer af cæsium-133 $\Delta\nu_{Cs}$ er 9.192.631.770 hertz (eksakt),
- lyshastigheden i vakuum c er 299.792.458 meter per sekund (eksakt),
- Plancks konstant h er $6,62607015 \times 10^{-34}$ joule sekund (eksakt),
- elementarladningen e er $1,602176634 \times 10^{-19}$ coulomb (eksakt),
- Boltzmanns konstant k er $1,380649 \times 10^{-23}$ joule per kelvin (eksakt),
- Avogadros konstant N_A er $6,02214076 \times 10^{23}$ reciprokke mol (eksakt),
- lysstyrken K_{cd} af monokromatisk stråling ved frekvensen 540×10^{12} Hz er 683 lumen per watt (eksakt),

hvor

hertz, joule, coulomb, lumen og watt, med de respektive symboler Hz, J, C, lm og W, er relateret til enhederne sekund, meter, kilogram, ampère, kelvin, mol og candela, med de respektive symboler s, m, kg, A, K, mol og cd, ved ligningerne $\text{Hz} = \text{s}^{-1}$, $\text{J} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-2}$, $\text{C} = \text{s A}$, $\text{lm} = \text{cd m}^2 \text{m}^{-2} = \text{cd sr}$, og $\text{W} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-3}$.

Ligningen (6) siger, at for et konstant rumfang er gassens tryk proportionalt med temperaturen. Det har gjort dette *lufttermometer* til et vigtigt instrument under termometriens udvikling gennem flere århundreder. Den første tanke om et absolut temperaturnulpunkt stammer herfra, idet Amontons i 1703 fremsatte den idé, at hvis trykket blev nul, havde man nået en tilstand, hvor varmen var forsvundet.

Ifølge ligning (6) er det let at finde *forholdet* mellem to temperaturer, men det skulle gerne være forholdet mellem de termodynamiske temperaturer. Hertil kræves mere omstændelige termodynamiske målinger. En metode har været at bruge Clapeyrons ligning for

ligevægten mellem to faser:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{L}{T(V_2 - V_1)}. \quad (7)$$

Den har fx været brugt langs damptrykskurven for vand, hvor L så betyder fordampningsvarmen af en vis mængde vand, og $V_2 - V_1$ er forskellen i rumfang mellem mættet damp og væske for den samme mængde. Ligningen kan omformes til

$$\frac{dT}{T} = (V_2 - V_1) \frac{dp}{L}, \quad (8)$$

hvor højresiden kan måles i små skridt langs damptrykskurven, og ved integration langs denne fra trykket p_1 til trykket p_2 findes $\ln(T_2/T_1)$, altså forholdet mellem de to tilsvarende termodynamiske temperaturer. Metoden har ligeledes været anvendt ved millikelvin-temperaturer på faseligevekten mellem fast og flydende helium-3 [7]. Her spiller Boltzmanns konstant k direkte ind som referencepunkt, fordi det eneste bidrag af betydning til entropien S kommer fra de frie kernespin i fast ^3He og kan beregnes (fx er $S = N_A k \ln 2$ i den helt uordnede tilstand)

Boks 2: Den internationale temperaturskala. Fixpunkter i definitionen af ITS-90:

Stof	Fixpunktets art	T_{90} / K
helium, He	V	3-5
brint, H_2	T	13,8033
H_2 eller He	V	≈ 17
H_2 eller He	V	$\approx 20,3$
neon, Ne	T	24,5561
ilt, O_2	T	54,3584
argon, Ar	T	83,8058
kviksølv, Hg	T	234,3156
vand, H_2O	T	273,16
gallium, Ga	M	302,9146
indium, In	F	429,7485
tin, Sn	F	505,078
zink, Zn	F	692,677
aluminium, Al	F	933,473
sølv, Ag	F	1234,93
guld, Au	F	1337,33
kobber, Cu	F	1357,77

V damptryk; T triplepunkt; M smeltepunkt; F frysepunkt.

I den benyttede brint skal ortho- og para-brint være i ligevægt.

Den internationale temperaturskala ITS-90

I flere af ovenstående eksempler er det noget vanskeligt at se, hvordan Boltzmanns konstant skal komme ind

som reference. Hvis man ikke lige har brug for den yderste nøjagtighed, er der imidlertid hjælp at hente.

Til brug ved nøjagtig termometri blev der i 1989 aftalt en praktisk temperaturskala, ITS-90. Denne internationale temperaturskala af 1990 er konstrueret således, at dens temperaturangivelser T_{90} stemmer overens med den termodynamiske temperatur inden for den målenøjagtighed, som kunne realiseres på den tid, hvor skalaen blev aftalt. Skalaen er etableret ved hjælp af en række termometriske fixpunkter og en række måleforskrifter for interpolation imellem fixpunkterne. ITS-90 omfatter alle temperaturer over 0,65 K, se boks 2

Lavere temperaturer, fra 0,9 mK til 1 K, dækkes af en "Provisional Low Temperature Scale", PLTS-2000, som angiver smeltepunktstrykket af ^3He som funktion af temperaturen i form af et polynomium med 13 led.

Disse praktiske skalaer vil være gyldige, indtil Generalkonferencen eller dens underkomiteer aftaler noget andet.

Til at etablere andre temperaturer er der foreskrevet en række eksperimentelle metoder sammen med interpolationsformler, der angiver T_{90} som funktion af den målte størrelse. Formlerne indeholder konstanter, hvoraf nogle er foreskrevne, mens andre skal findes ved kalibrering i fixpunkterne. Hver metode dækker sit temperaturområde:

1. fra 0,65 K til 5,0 K: Damptrykket af ^3He og ^4He .
2. fra 3,0 K til neons triplepunkt: Gastermometri med ^3He og ^4He .
3. fra brints triplepunkt til sølvs frysepunkt: Elektrisk modstand af en tråd fremstillet af ren platin.
4. temperaturer over sølvs frysepunkt: Plancks strålingslov.

Litteratur

- [1] www.bipm.org
- [2] F. B. Rasmussen (2012) "SI-systemet under revision", KVANT, bind 22 nr. 1, side 3–6.
- [3] R. P. Feynman, R. B. Leighton og M. Sands (1977) "The Feynman Lectures on Physics", Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, side 39-10.
- [4] upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cd/Cmbr.svg
- [5] K. Meyer (1909) "Temperaturbegrebets udvikling gennem tiderne samt dets sammenhæng med vekslede forestillinger om varmets natur", Gjellerup, København.
- [6] J. O. Henningsen: "Farve", i Den Store Danske, Gyldendal, denstoredanske.dk/index.php?sideId=74478
- [7] D. S. Greywall (1986) *Phys. Rev. B*, **33**, 7520; W. P. Halperin, C. N. Archie, F. B. Rasmussen og R. C. Richardson (1975) *Phys. Rev. Lett.*, bind 34, side 718.



Finn Berg Rasmussen er emeritus ved Niels Bohr Institutet, pensioneret 2006. Har forsket i faststoffysik ved lave temperaturer: metallers elektriske egenskaber, organiske superledere, magnetisme fra atomkernernes spin i ^3He , Ag og Rh. Medlem af KVANTs redaktion.

Klodesprængning - breddeopgave 79 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 en ny opgave. Opgaven i sidste nummer af KVANT var denne breddeopgave (nr. 79 i rækken her i KVANT):

Breddeopgave 79. Klodesprængning

Hvilken indflydelse har massetætheden på, hvor hurtigt kloder kan rotere om sig selv uden at sprænges? Begrund svaret.

Løsning

Lad os for nemheds skyld antage, at en klode har samme massetæthed ρ overalt. Vi kalder vinkelhastigheden for klodens rotation om sig selv ω , og klodens radius R . En prøvemasse m på klodens overflade ved klodens ækvator er da påvirket af gravitationskraften

$$F_G = Gm\frac{4}{3}\pi R^3\rho\frac{1}{R^2} = Gm\frac{4}{3}\pi R\rho \quad (1)$$

indad. G er gravitationskonstanten. Samtidig er prøve-massen påvirket af centrifugalkraften

$$F_C = mR\omega^2 \quad (2)$$

udad. Kloden sprænges, hvis F_C er større end F_G . Og det ses at ske for

$$\omega > \sqrt{4\pi G\rho/3}. \quad (3)$$

Det er bemærkelsesværdigt, at klodens størrelse, når vi spørger til den kritiske rotationshastighed, ikke spiller nogen rolle.

Kommentar

Opgaveløsningen er ikke afhængig af den simplificerede antagelse om, at massen af kloden er homogent fordelt. Vi kan nøjes med at antage samme massefylde i samme dybde. Så er middelværdien af massefylden givet ved

$$\langle \rho \rangle = \int_0^R 4\pi r^2 \rho(r) dr / V, \quad (4)$$

hvor V er klodens volumen $\frac{4}{3}\pi R^3$. Ifølge Newtons teorem om masseiltækningen fra en homogen kugleskal kan vi i stedet for ligning (1) skrive:

$$F_G = Gm \int_0^R 4\pi r^2 \rho(r) dr / R^2 = Gm \frac{4}{3}\pi R \langle \rho \rangle. \quad (5)$$

For en lagdelt klode ses betingelsen i ligning (3) derfor stadig at gælde, blot skal ρ erstattes med $\langle \rho \rangle$.

Opgaven kan også besvares ved dimensionsanalyse. Den kritiske rotationshastighed ω_{kr} kan tænkes at afhænge af ρ (eller $\langle \rho \rangle$), G og R . Vi antager da:

$$\omega_{kr} = k\rho^\alpha G^\beta R^\gamma. \quad (6)$$

Her er k nødvendigvis et rent tal, da der indgår tidsdimension i G , men ikke i ρ og R , hvorfor der ikke kan dannes en dimensionsløs kombination af ρ , G og R . Kravet om ens dimension på begge sider af lighedstegnet indebærer:

$$T^{-1} = (ML^{-3})^\alpha (M^{-1}L^3T^{-2})^\beta L^\gamma. \quad (7)$$

Da M for masse, L for længde og T for tid, som valgte basisdimensioner, ikke kan reduceres til hinanden, skal deres potenser stemme overens hver for sig. Det giver ligningssystemet:

$$M: 0 = \alpha - \beta \quad (8)$$

$$L: 0 = -3\alpha + 3\beta + \gamma \quad (9)$$

$$T: -1 = -2\beta, \quad (10)$$

med den entydige løsning $\alpha = \frac{1}{2}, \beta = \frac{1}{2}$, og $\gamma = 0$, svarende til ligning (3). At ω_{kr} ikke afhænger af klodens størrelse, kunne vi ikke have gættet forud for dimensionsanalysen uden at opstille ligningerne (1) og (2). Men det viser sig altså også som en konsekvens af dimensionsanalysen.

Opgaver som denne, der lægger op til besvarelser på flere måder og på flere niveauer, er en god ting i breddeopgavegenren. Vi foretrækker at komme svagere og

stærkere studerende samtidigt i møde herved, fremfor ved den traditionelle opbygning af eksamensopgaver med hjælpesporsmål undervejs til den endelige opgaveløsning.

Det er ved løsningen af opgaven forudsat, at planeten er sfærisk. Men en roterende planet vil være fladtrykt på grund af centrifugalkræfterne. En gennemgang af problemet for en fladtrykt planet er omfattende. Det kunne være en udfordring for et projektarbejde, men kan ikke fungere som emne for en breddeopgave. Dog kan vi ved dimensionsanalyse komme et stykke af vejen. Hvis vi kalder planetens radier ved polerne og ved ækvator for henholdsvis T og R – i grænsesituationen for sprængning – giver dimensionsanalysen:

$$\omega_{kr} = f\left(\frac{T}{R}\right) \sqrt{G\rho}, \quad (11)$$

hvor f er en ukendt funktion af T/R . Den kritiske værdi af ω er altså igen uafhængig af planetens størrelse, men den afhænger af dens form ved den kritiske værdi af ω . Både ligning (3) og (11) er udregnet under forudsætning af, at planetens materiale er som fx en bunke grus, en væske eller en gas, dvs. et materiale uden stærk intern sammenhængskraft i forhold til gravitationskræfterne.

Breddeopgave 80. Bobler

Til næste nummer af KVANT stiller jeg denne opgave fra breddekurset på RUC (fra eksamen januar 2018).

En vandtank har fået skruet låget lufttæt fast efter at være blevet delvist fyldt med vand. Ved et uheld slås der et hul i bunden af tanken. Hvor meget vand løber ud af tanken, før der begynder at boble luft ind i den? Begrund svaret.

PFEIFFER VACUUM

Vacuum pumper



To-trins olielamelpumper
Promotionpris fra DKK 8.000

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

Kierkegaard og naturvidenskaben

Af René Rosfort, Søren Kierkegaard Forskningscenteret, Det Teologiske Fakultet, Københavns Universitet.

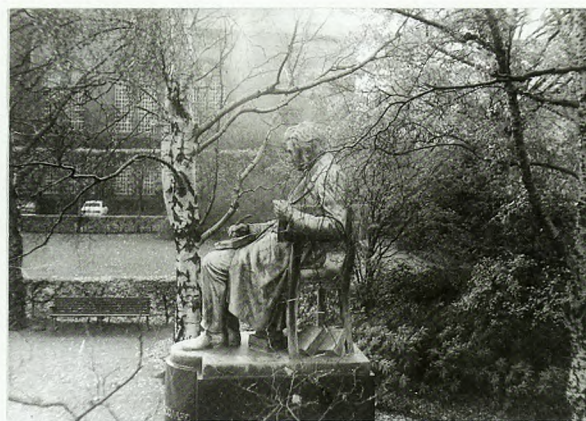
Kierkegaards kritik af naturvidenskab er ikke en så simpel afvisning af naturvidenskabelig forskning, som hans voldsomme ord kan give indtryk af. Hans kritik skal ses i lyset af hans grundlæggende kritiske holdning over for forsøg på at forstå og udstikke generelle retningslinjer for den menneskelige tilværelse. Kierkegaards kritik bygger på et etisk og kristent grundlag, og hans relevans for naturvidenskaberne i dag består i at bidrage med et etisk perspektiv på vores anvendelse af naturvidenskabelig forskning i vores forsøg på at forstå menneskets forhold til sig selv, andre mennesker og verden.

Den danske teolog og filosof Søren Kierkegaard har ikke mange pæne ord tilovers for naturvidenskaberne. Efter en kortlivet fascination af sin tids heftigt voksende udforskning af naturen i sine tidlige studieår [1], vender den modne Kierkegaard sig mod naturvidenskaberne og anvender sine skarpe satiriske evner på at latterliggøre menneskets iver for at forstå naturen og ikke mindst sin plads i denne. For Kierkegaard er naturvidenskabelige forsøg på at forstå meningen med livet ikke blot tåbelige, men direkte skadelige. Som han skriver i en journal-optegnelse i 1846: "*Al Fordærvelse vil tilsidst komme fra Naturvidenskaberne [...] Dersom Gud gik om med en Stok i Haanden, saa vilde det især gaae ud over disse alvorlige Iagttagere ved Hjælp af Mikroskopet. Gud vilde med sin Stok banke al Hyklerie ud af dem og af Naturforskerne.*"

I en optegnelse fra samme år konstaterer han opgivende: "Med Naturvidenskaberne kan det slet ikke hjælpe at indlade [sig]. Man staaer der værgeløs og kan aldeles ikke controlere. Forskeren begynder strax at adsprede med sine Enkeltheder, nu skal man til Australien nu til Maanen, nu ned i en Hule under Jorden, nu Fanden i Vold i Røven – efter en Indvoldsorm; nu skal Teleskopet bruges, nu Mikroskopet: hvo Satan kan holde det ud!" [2].

Det er netop i 1846, at vi finder de fleste af Kierkegaards udfald mod naturvidenskaberne. Dette er et betydningsfuldt år i Kierkegaards forfatterskab. I 1843 stormer den blot trediveårige teolog ind på den danske litterære scene med det pseudonymt udgivne dobbeltbind *Enten-Eller*, og på blot tre år udgiver han intet mindre end et lille dusin bøger og et par håndfulde bladartikler. I 1846 beslutter han sig for at afslutte forfatterskabet med den monumentale og kalejdoskopiske bog *Afsluttende uvidenskabelig Efterskrift* for derefter at slå sig ned som landsbypræst. Sådan skulle det dog ikke gå, og allerede en måned senere er der gang i udgivelserne igen. Det er ikke sidste gang, at Kierkegaard beslutter sig for at afslutte forfatterskabet, men denne første afslutning på forfatterskabet er dog af særlig betydning, i kraft af at den markerer et brud med det filosofiske og teologiske grundlag, hvorpå Kierkegaard har skrevet sine første bøger. Anden halvdel af forfatterskabet, der løber fra 1846 til Kierkegaards tidlige død i 1855 og består af yderligere omkring 15 bøger og et voksende antal bladartikler, er væsensforskellig fra den tidligere produktion, og det er i denne forskellighed, at vi finder

kimen til en forståelse af hans kritik af naturvidenskaberne [3].



Figur 1. Søren Kierkegaard-monumentet i Det Kongelige Biblioteks have.

I denne artikel vil jeg forsøge at vise, at Kierkegaards kritik af naturvidenskab ikke er en så simpel afvisning af naturvidenskabelig forskning, som hans voldsomme ord kan give indtryk af, og at der i denne kritik tværtimod er spændende og stadig relevante overvejelser over anvendelse af naturvidenskabelig forskning i vores forsøg på at forstå mennesket og dets liv. Jeg vil udfolde dette argument i fire skridt. Først vil jeg vise, at Kierkegaards kritik af naturvidenskaben skal ses i lyset af hans grundlæggende kritiske holdning over for forsøg på at forstå og udstikke generelle retningslinjer for den menneskelige tilværelse. Her er det særligt oplysende at se hans kritik af videnskab i sammenhæng med hans kritik af kirken og præster. Næste skridt er at forstå, hvad der er Kierkegaards hovedærinde, og hvordan naturvidenskabelig forskning kan være et problem for vores forståelse af mennesket. I dette afsnit handler det om forholdet mellem videnskabelig indsigt og at eksistere som et individuelt menneske. I det tredje afsnit vil jeg vise, hvordan Kierkegaards tænkning er en etisk-religiøs tænkning. Her vil det blive tydeligt, at Kierkegaards kritik af naturvidenskaben bygger på et etisk og religiøst grundlag. I det fjerde og sidste afsnit vil jeg forsøge at argumentere for, hvordan Kierkegaards tanker er relevante for aktuel naturvidenskab. Her vil det blive tydeligt, at jeg mener, at Kierkegaards aktuelle relevans for naturvidenskaberne består i at bidrage med et etisk perspektiv på vores anvendelse af naturvidenskabelig forskning i vores forsøg på at forstå

menneskets forhold til sig selv, andre mennesker og verden.



Figur 2. Portræt af Søren Kierkegaard.

Videnskab og religion

En forståelse af Kierkegaards syn på naturvidenskab kræver en afklaring af hans brede anvendelse af ordet videnskab. Ligesom det er tilfældet i dag, var Kierkegaards samtid præget af en heftig entusiasme for alt videnskabeligt. Menneskets forståelse af verden og af sig selv undergik i første halvdel af det nittende århundrede en gennemgribende videnskabeliggørelse. Dette betød, at naturvidenskabelig forskning ikke blot gav os et nyt syn på naturen, men den begyndte også langsomt at ændre vores forståelse af den menneskelige tilværelse. Det betyder dog ikke, at naturvidenskabens erstatter religion som menneskets eksistentielle kompas i den første del af det nittende århundrede. Den endelige uddrivelse af religion fra den videnskabelige udforskning af verden krævede Darwins radikale omvæltning af den kristne grundfortælling til fordel for en ny, samlende fortælling, der kunne give svar ikke blot på spørgsmål om de forskellige dyrearters oprindelse og udvikling over tid, men også på menneskets eksistentielle spørgsmål. Darwin udgiver dog først sit banebrydende værk fire år efter Kierkegaards død.

Århundredets første halvdel er stadig præget af romantikkens fornuftorganiske natursyn, hvor religion og videnskab lever side om side, og både filosofien og teologien oplever en intens drejning mod et videnskabeligt paradigme. Et videnskabeligt paradigme skal her forstås bredt som både en spekulativ rationel tilgang som en empirisk rationel tilgang. Naturvidenskab såvel som historiske, filosofiske og teologiske videnskaber var præget af både åndrig spekulation og nøgtern empiri, ofte uden en klar adskillelse af de to

metoder. Dette var tilfældet allerede hos Newton, og i det nittende århundrede bliver det tydeligt i H. C. Ørstedes videnskabelige arbejde, og særligt i hans store værk *Aanden i Naturen* (1849-50), hvor han tilstræber en total verdensforståelse i kraft af en sammensmeltning af fornuft, naturlov og kristendom [4]. Der er med andre ord ikke et kulturelt, naturvidenskabeligt, filosofisk eller teologisk modsætningsforhold mellem religion og videnskab.

Kierkegaards kritik af naturvidenskabens fra 1846 og frem er på den måde særegen i sin samtid, og hans kritik af naturvidenskabens udspringer af hans kritik af videnskab og videnskabelighed generelt. Kierkegaards forfatterskab er fra starten af skeptisk over for samtidens videnskabelige entusiasme, men denne skepsis slår som nævnt om i heftig kritik af alle former for videnskabelige tilgange til mennesket. Denne kritik er dog ikke begrænset til naturforskeren, men retter sig mod en bred vifte af akademikere som filosoffer, historikere og ikke mindst teologer, der ønsker at anlægge en videnskabelig tilgang til mennesket og menneskelivet. Faktisk skriver Kierkegaard meget lidt om naturvidenskabens i sine udgivne skrifter, hvor det hovedsageligt går ud over andre typer af videnskabsfolk. Det er særligt i hans journaler og notesbøger fra 1846, at man finder hans kritik af naturvidenskaberne, og selv her er hans ord ikke nær så sarkastiske og ondsindede som dem, han i afslutningen af sit forfatterskab retter mod kirken og præsterne. Det kan godt være, at han kalder naturvidenskabsfolk hyklere, men præster er slyngler, kannibaler, bedragere, løgnere, eller som han skriver kort og kontant: "Præsten – dette i lange Klæder indhyllede Indbegreb af Nonsens" [5].

Kierkegaards aversion imod videnskabsfolk og præster er ikke et udtryk for en dybtsiddende misantropi eller for en verdensfjern livsanskuelse. Han var tværtimod et kendt ansigt på Københavns gader og stræder, hvor han talte ivrigt og indlevende med fiskehandlere såvel som filosofiprofessorer [6]. Årsagen til hans voldsomme kritik er ikke biografisk, men er at finde i hans kristne tænkning. Det fælles træk, der forbinder videnskabsfolk og præster, er deres stadige forsøg på at anvende deres viden til at forklare andre mennesker, hvordan de skal leve deres liv. Videnskab er jo – som de fleste videnskabsfolk udmærket er klar over – ikke blot indsamling og analyse af empirisk data. Videnskab er også fortolkning, og disse fortolkninger af data anvendes i svar på vores spørgsmål om naturen, mennesket og ikke mindst menneskets rolle i naturen. På samme måde fortolker præster Biblen og anvender disse fortolkninger til at forklare, hvordan et kristent menneske skal leve sit liv. Kierkegaard har intet imod indsamling af empiri eller læsning af Biblen. Problemet opstår derimod, når videnskab eller bibellæsning bliver anvendt som normative retningslinjer for den menneskelige eksistens. Som han skriver om problemet ved den videnskabelige tilgang: "Men især bliver al saadan Videnskabelighed farlig og fordærlig, naar den ogsaa vil ind paa Aandens Gebeter. Lad dem behandle Planter og Dyr og Stjerner paa den Maade: men at behandle Mskaanden [menneskeånden] paa den

Maade er Blasphemie, som kun svækker det Ethiskes og det Religieuses Lidenskab. Allerede det at spise er langt fornuftigere end at speculere mikroskopisk over Fordøielseren" [7].

Endnu hårdere går det ud over præsters arbejde: "Dette er Præstens høist respekterede Virksomhed, en Næringsvei, der forhindrer Menneskene i at indgaae i Himmeriges Rige [...] Nei, der er ganske bogstavelig ikke en eneste ærlig Præst. Og derimod er ved "Præstens" Tilværelse hele Samfundet, christeligt, en Nederdrægtighed, som det dog ikke saaledes vilde være, hvis "Præsten" ikke var med" [8].

At eksistere som et individ

Kierkegaards grundlæggende indvending mod både videnskab og religion er, at begge tilgange til verden har en dybsiddende tendens til at ville fortælle det enkelte menneske, hvordan det skal leve sit liv. Kierkegaard ønsker med andre ord at håndhæve den subtile, men afgørende forskel på en deskriptiv og en normativ tilgang til mennesket. Det er én ting at (forsøge at) beskrive mennesket, men det er noget helt andet at forstå mennesket og i kraft af denne forståelse at udstikke retningslinjer for den menneskelige tilværelse. Kierkegaards insisteren på at opretholde denne distinktion i sin tilgang til mennesket er et forsøg på at undgå, hvad filosoffer kalder den naturalistiske fejlslutning. Denne fejlslutning blev først påpeget af den skotske filosof David Hume i hovedværket *A Treatise of Human Nature* fra 1740 [9]. For Hume er det ikke legitimt at gå fra en beskrivelse af tingenes tilstand til en moralsk dom om, hvordan tingene bør være. Vi kan ikke komme fra beskrivende "er" til normativt "bør" uden et eller flere argumenter for, hvordan vi skal gå fra det deskriptive plan til det normative plan. Og hvad der måske endda er vigtigere, som den senere engelske filosof, G. E. Moore argumenterer for i sin bog *Principia Ethica* fra 1903 [10], kan vi ikke bygge vores argumenter for overgangen fra "er" til "bør" på vores empiriske beskrivelser. Det vil sige, at selv hvis vi en dag endegyldigt skulle finde ud af, at mennesket i bund og grund er et egoistisk væsen, hvis biologi alene understøtter omsorg og bekymring for familie og den nære omgangskreds, så betyder dette ikke, at vi kun *bør* have omsorg for og bekymre os om vores familie og venner. Ud over den naturalistiske fejlslutning peger Kierkegaard på, hvad vi kunne kalde den religiøse fejlslutning. Blot fordi noget bliver beskrevet som godt i et helligt skrift, eller fordi en profet eller en gudinde i menneskelig skikkelse fortæller, at en særlig handling er god, så betyder det ikke, at det ubetvivleligt forholder sig sådan. Ganske som de fleste videnskabsfolk udmærket er klar over fortolkningens rolle i anvendelse af videnskabelige data, så anerkender de fleste religioner, at deres religiøse tekster og udsagn konstant skal genfortolkes for at kunne spille en aktuel rolle i menneskers liv.

Det afgørende for Kierkegaard er, at det enkelte menneske bliver nødt til at forholde sig kritisk til både de videnskabelige resultater, som det orienterer sig efter, og til den religion, som det menneske (måske) bekender sig til. Det betyder ikke, at videnskab eller

religion er uden betydning for et menneskes liv. Kierkegaard mener tværtimod, at mennesket har brug for både viden og tro for at leve sit liv. Mennesket har brug for fakta for at kunne orientere sig i en kompleks og til tider forvirrende verden, og dog kan et menneske ikke leve af empiri alene. Mange aspekter af et menneskes liv finder ingen orienteringspunkter i empiriske fakta, eller rettere, de empiriske fakta giver ikke udtømmende svar på de eksistentielle spørgsmål, som kan forstyrre et menneskes hverdag: Hvordan skal jeg forholde mig til min vedvarende tristhed? Er han den rette for mig? Skal jeg skifte job? Skal jeg tænke mere på mig selv, eller er min selvrealisering sekundær i forhold til de mennesker, som jeg lever mit liv sammen med? Hvor stort er mit ansvar for andre mennesker? Hvordan skal jeg forholde mig til et menneske, som fornærmer mig? Disse og mange andre spørgsmål af samme individuelle og etiske karakter rokker ved vores tilværelse på en mærkelig uhåndgribelig måde. Det er yderst vanskeligt at sætte en (empirisk) finger på præcist, hvad der ligger til grund for sådanne spørgsmål og komme med almen gyldige retningslinjer for, hvordan vi skal svare på spørgsmål af denne individuelle og intime karakter. Men hvordan vi vælger at handle på disse spørgsmål har alligevel en yderst konkret indvirkning på vores liv, og i enkelte tilfælde kan vores beslutninger være livsomvæltende. Den grundlæggende årsag til, at disse spørgsmål er vanskelige at håndtere videnskabeligt, er, at de udspringer af det enkelte menneskes selvbevidsthed, dvs. det enkelte menneskes individuelle erfaring af og refleksion over sig selv, sin plads i verden og ikke mindst sit forhold til andre mennesker. Kierkegaard beskriver i værket *Begrebet Angest* fra 1844, hvordan denne bevidsthed på samme tid er så insisterende konkret og så umådelig gennemgribende, at den falder uden for vores sproglige erkendelse: "Det concreteste Indhold, som Bevidstheden kan have, er Bevidstheden om sig selv, om Individet selv, ikke den rene Selv-Bevidsthed, men den Selv-Bevidsthed, der er saa concret, at ingen Forfatter, ikke den ordrigeste, ikke den i Fremstillingen mægtigste, nogensinde har formaaet, at beskrive en eneste Saadan, medens hvert eneste Menneske er en saadan" [11].

Kierkegaards tænkning bygger på eksistentielle spørgsmål, og fra 1846 og frem bliver begrebet "Existens" en systematisk ledetråd i hans tænkning [12]. Mennesket adskiller sig fra andre dyr ved at være et eksisterende væsen, og den menneskelige eksistens er uløseligt forbundet med menneskets selvbevidsthed. Vores bevidsthed om at være et selv betyder, at vi forholder os til, hvordan vi er dette individuelle selv, som vi nu engang er. Hvad er det, der gør det enkelte menneske forskelligt fra de andre mennesker, som det ligner, og med hvem det deler sit liv. Vores erfaring og refleksion over vores identitet – det, der gør os til de individer, vi nu engang er – betyder, at vi ikke blot lever vores liv i sammenhæng med og som reaktion på vores biofysiske natur og sociale omgivelser. Vi erfarer vores natur og omgivelser, forholder os til dem og handler (for det meste) på baggrund af vores tanker om vores forhold til disse omgivelser. At leve som det konkrete

menneske, som vi er, består derfor i at stå ud fra vores natur og omgivelser og få dem på refleksiv afstand for at kunne forholde os til vores krop, den verden, vi befinder os i, og de mennesker, som vi lever med. Begrebet "eksistens" betyder netop på latin "at stå ud fra" (lat. *existo*) i betydningen at komme til syne eller adskille sig fra mængden. Med dette begreb vil Kierkegaard fremdrage det særlige ved at leve som menneske, som består i, at mennesket ikke er tilstede i verden som andre naturfænomener. Et menneskeliv er væsensforskellig fra et planteliv eller et dyreliv. Det lever ikke blot af og med sin natur og sine omgivelser som planten og dyret, men det kan også fjerne sig fra disse fysiske betingelser i kraft af sin bevidsthed. Som de fleste af os ved, kan et menneske være fraværende, selvom det er fysisk tilstede, og det er i dette fravær, at et menneske støder på sin særegne mangel på en håndgribelig natur. Af denne grund anser Kierkegaard indbildningskraften eller fantasien som et af menneskets mest afgørende evner. I det filosofiske og teologiske hovedværk *Sygdommen til Døden* fra 1849 skriver han: "Phantasien er overhovedet det Uendeliggjørendes Medium; den er ikke nogen Evne som de andre Evner – hvis man vil tale saaledes, er den Evnen *instar omnium* [lat. frem for alle andre]. Hvad Følelse, Erkjendelse, Villie et Menneske har, beroer dog til syvende og sidst paa, hvad Phantasie han har, det vil sige paa, hvorledes Dette reflekterer sig, o: paa Phantasien" [13].

Fantasien er det, der gør mennesket til menneske, fordi denne særlige evne tillader mennesket at bevæge sig ud over sin endelige, naturgivne fysik. Igennem fantasien kan et menneske bevæge sig mod det uendelige i form af muligheder. Det kan forestille sig et utal af verdener, ting og begivenheder, som ikke eksisterer i den fysiske virkelighed. Fantasien er en gave, der giver mennesket det, som andre dyr ikke har, nemlig kunst, videnskab, musik, litteratur og ikke mindst muligheden for at kede sig, når ens fantasi ikke formår at oplive en stillestående og mørk november eftermiddag. Fantasien rummer dog også alvorlige farer. Mennesket kan misbruge sin fantasi for at undslippe den konkrete virkeligheds udfordringer. Vi kan bruge fantasien for at undgå at skulle forholde os til de konkrete problemer, som vi står overfor i vores hverdag. Der er med andre ord visse fysiske, sociale, økonomiske og interpersonelle udfordringer, som vi ikke kan fantasere os væk fra. Kierkegaard bruger mange sider og kræfter på denne fantasiens tvetydighed igennem sit forfatterskab, og han anvender begrebet eksistens til at udarbejde en måde, hvorpå mennesket kan leve med og igennem sin fantasi uden at fortabe sig i en fantasiverden. Fantasien er det, der muliggør den menneskelige eksistens. Uden fantasien ville vi være bundet til den natur, som vi er, og de omgivelser, som vi lever i. På den anden side kan vi ikke undgå at skulle forholde os til vores krop, vores biologi, verden omkring os og de mennesker, som vi deler denne verden med. Mennesket er derfor et mærkværdigt sammensat væsen. Det enkelte menneske befinder sig mellem natur og ikke-natur, konkret og abstrakt, fysik og tanke, krop og bevidsthed: "At eksistere (i Forstand af at være dette enkelte Menneske) er vel en

Ufuldkommenhed i Sammenligning med Ideens evige Liv, men en Fuldkommenhed i Forhold til det, slet ikke at være. En saadan Mellemtilstand er omtrent det at eksistere, Noget der passer sig for et Mellemvæsen, som Mennesket er det" [14].

Det faktum, at mennesket eksisterer fremfor blot at være tilstede, betyder, at mennesket ikke blot er, hvad det er. Mennesket forholder sig altid til sig selv, verden og andre mennesker gennem sine forestillinger. Mennesket er på denne måde et mellemvæsen, fanget mellem virkelighed og fantasi, der har til opgave at blive det enkelte og konkrete menneske, som det er. Menneskers karakter af at være individer er en anden forskel, der adskiller mennesket fra andre dyrearter. Mennesket er et væsen, hvis liv er formet på den ene side af dets egne forestillinger om at være forskellig fra alle andre mennesker, og på den anden side af andre menneskers forventning om, at det tager personligt ansvar for sin individuelle måde at føre sit liv på. At eksistere som et individ er med andre ord en etisk opgave, eller som Kierkegaard kalder det, en etisk-religiøs opgave.

Etikkens radikale betydning

Kierkegaards kritik af naturvidenskaberne er af etisk karakter. Det betyder, som vi har set, at hans indvending mod naturvidenskaberne ikke retter sig mod grundlæggende naturvidenskabeligt arbejde, men mod anvendelse af naturvidenskabelige forskningsresultater i vores forståelse af, hvordan mennesket skal leve sit liv. Han beskriver sin bekymring i et afdæmpet sprog mod slutningen af sit liv:

"Saasnart end i fjerneste Maade i Talen om det Ethiske noget Andet end det Ethiske accentueres, saa tales der ikke ethisk om det Ethiske, saa risikerer man, at dette Andet drager Opmærksomheden paa sig og bort fra det Ethiske. Om derfor de Mske [mennesker], til hvilke der skal tales om det Ethiske, antage, at Jorden staaer stille og Solen gaaer – naar der skal tales ethisk, da er dette uendeligt det LigeGYLDIGE – saa uendeligt vigtigt er det Ethiske, i denne Henseende maa der ikke i fjerneste Maade forstyrres, nei, blot det Ethiske skal accentueres – og i Henseende til det Ethiske har dog vel Natur-Videnskaberne ingen Opdagelser gjort." [15].

For at forstå Kierkegaards etiske kritik af anvendelsen af naturvidenskabelig forskning er det nødvendigt at afklare hans etik og særligt den særegne kombination af filosofi og kristendom, der er fundamentet for denne etik.

At eksistere som menneske er en etisk-religiøs opgave, som ethvert menneske bliver nødt til at tage på sig. Kierkegaards radikalitet kommer til syne i hans insisteren på, at hvis en person ikke tager denne opgave på sig, men forsøger at leve sit liv uden etisk-religiøs omtanke, så vil dette menneskes liv være plaget af fortvivlelse. Kierkegaards kombination af etik og religiøsitet er afgørende for forståelsen af den opgave, som det er at eksistere som menneske. Etik skal her forstås som forsøget på at udstikke normative retningslinjer for menneskelig adfærd. Siden antikken har etik været en grundlæggende del af filosofien, og Platon, Aristoteles og stoikerne har for tusinder af år siden produceret

etiske teorier, som endnu i dag er aktuelle. Rationalitet er et gennemgående træk ved filosofisk etik op igennem europæisk filosofihistorie, i den forstand at de normative retningslinjer bygger på rationelle argumenter, almen gyldige grundpræmisser og fornuftige forklaringer, der – i teorien – skal overbevise det enkelte menneske om, hvilke normer og værdier det skal orientere sit liv efter. Kierkegaards forståelse af etik bygger på denne tradition, men Kierkegaard udbygger eller omskaber denne filosofiske etik med en religiøs dimension. Den religiøse dimension har to funktioner: en nedbrydende og en opbyggende.

Den nedbrydende funktion består i at tydeliggøre problemer ved den filosofiske etik, der gør en sådan etik uholdbar. De to mest afgørende problemer er på den ene side denne etiske traditions urokkelige tiltro til rationalitet og på den anden side forsøget på at opstille almen gyldige retningslinjer for det enkelte menneskes liv. Kierkegaards menneskesyn er, som vi så i sidste afsnit, mere komplekst end det menneskesyn, der ligger til grund for den klassiske filosofiske etik. Mennesket, for Kierkegaard, er ikke alene et rationelt væsen, men også et fysisk væsen, hvis handlinger er præget af mere og andet end fornuft. Desuden er mennesket et individ, der opfatter sig selv som væsentlig anderledes end andre individer, hvilket gør det vanskeligt – for ikke at sige umuligt – at udstikke almen gyldige retningslinjer for, hvilke normer og værdier det enkelte menneske skal orientere sig efter. Ligesom ved spørgsmålet om empiriens betydning for mennesket, så kan man sige, at mennesket lever af andet og mere end rationalitet og almen gyldige normer og værdier.

Den opbyggende funktion af den religiøse dimension af Kierkegaards etik består i at vise, at en holdbar etik må bygge på tro ud over viden og rationalitet. Det betyder ikke, at Kierkegaards religiøse etik ikke bygger på viden eller rationalitet. Vi har tværtimod brug for viden, fornuft og rationelle argumenter for at finde frem til de normer og værdier, som vi skal leve vores liv efter. Men vi har også brug for tro for at kunne leve et etisk godt liv. Kierkegaards forståelse af tro er paradoksalt i den forstand, at den er både simpel og vanskelig. Vi skal tro på, at livet er meningsfuldt på trods af den meningsløshed, der gennemsyrrer den menneskelige tilværelse i form af sygdom, ulykke, død og lidelse. Vi skal med andre ord tro på, at den kristne gud har skabt verden af og med uselvvisk kærlighed, og at vi som Guds børn skal leve igennem og ved denne kærlighed. Dette er Kierkegaards simple beskrivelse af tro. Som han skriver i sit etiske hovedværk, *“Kjerlighedens Gjerninger”*, fra 1847, så opbygger kærligheden mennesket ved at tro alt, håbe alt og – måske vigtigst – ved at skjule synders mangfoldighed [16]. I denne simple påpegning af kærlighedens fundamentale og livsformende rolle i et menneskes liv ligger troens vanskelighed. Hvordan er det muligt at opretholde en uselvvisk kærlighed til verden, sig selv og andre mennesker i et til tider ukærligt, uretfærdigt og for et menneskeligt perspektiv meningsløst univers? Kierkegaards kristne forståelse af kærlighed som næste- og fjendekærlighed gør troen endnu mere vanskelig, eftersom vi skal elske ikke blot

vores familie, venner og kolleger, men vi har ansvar for at elske alle mennesker, dvs. mennesker, vi ikke kender, og mennesker, vi ikke ser, og ikke mindst mennesker, som vi betragter som vores fjender. Der gives ingen rationelle eller fornuftige argumenter for denne kristne kærlighedsetik eller for kærlighedens opbyggelige magt. Det betyder for Kierkegaard, at vi har brug for tro for at kunne forstå, leve efter og med denne kærligheds etik. Uden tro på kærligheden er etikken med andre ord magtesløs.



Figur 3. Tegning af Søren Kierkegaard udført af Wilhelm Marstrand ca. 1870.

Kierkegaards relevans for aktuel naturvidenskab

Det er på baggrund af denne kristne kærlighedsetik, at vi kan drage en konstruktiv konklusion på Kierkegaards kritik af naturvidenskaberne, der kan være relevant for vores anvendelse af naturvidenskabelige forskningsresultater i dag. For at forstå den aktuelle relevans af Kierkegaards kritik må vi vende tilbage til den naturalistiske fejlslutning og fantasiens afgørende betydning for det enkelte menneskes eksistens. Som vi så ovenfor, består den naturalistiske fejlslutning i forsøget på at bevæge sig fra “er” til “bør” ved at anvende udelukkende empiriske data. Argumentet er, at vi begår en alvorlig etisk fejl, hvis vi forsøger at bevise, at noget er godt, rimeligt eller forkert ved empiriske undersøgelser eller statistiske indsamlinger af data. Hvis vi vil gå fra en deskriptiv undersøgelse af, hvordan verden er indrettet, til en normativ forståelse af, hvordan verden bør være, har vi brug for andet end empiriske data. Vi har brug for argumenter, der rækker ud over empiriske beviser. Etik bygger på argumenter, og den menneskelige tilværelse er gennemsyret af etiske aspekter. Hver gang vi taler om, at noget er bedre end noget andet, mere eller mindre passende, normalt eller unormalt, sundt eller usundt, bringer vi etikken i spil. Det vil mere konkret sige, at

vi har brug for mere end empiriske data, når vi anvender fx neurobiologisk forskning til at forstå psykiske sygdomme eller evolutionærteoretisk forskning til at finde ud af, hvorfor nogle mennesker er mere aggressive end andre. Det betyder ikke, at vi ikke skal anvende neurobiologi eller evolutionærteori i vores forståelse af disse og andre menneskelige problemer. Det er i dag åbenlyst, at vi ikke kan forstå mennesket uden naturvidenskabernes afklaring af menneskets fysiske og biologiske konstitution. En forståelse af aggression eller hvorfor et menneske lider psykisk kræver dog, at vi ud over de empiriske data også forsøger at forstå det enkelte menneskes erfaring af vrede eller psykisk lidelse. Mennesker erfarer ikke verden deskriptivt. Vi er ikke neutrale betragtere af, hvad der sker omkring os og med os. Vores erfaring er gennemsyret af subjektive og normative strukturer, som vi gennem stringente metoder og procedurer forsøger at fjerne – eller i hvert fald minimere – i videnskabelige undersøgelser, der har til formål at producere objektiv viden. Mennesket lever dog ikke sit liv videnskabeligt. Vi er engagerede i verdenen, og i kraft af dette engagement erfarer vi altid verdenen normativt, dvs. vi erfarer noget som bedre end noget andet, en person som irriterende eller behagelig, en stemning som god eller trykkende, en handling som forsvarlig eller hovedløs. Det betyder, at hvis vi vil forstå en persons vrede eller psykiske lidelse, bliver vi nødt til at forstå denne persons erfaring af disse fænomener.

En depression er ofte karakteriseret ved erfaringer af vedvarende lavt humør, håbløshed, skyldfølelse og manglende beslutningskraft. For at forstå disse fænomener, og dermed den depressive person, har vi brug for at undersøge både de deskriptive og normative aspekter af disse fænomener. Vi bliver med andre ord nødt til at forstå både de neurobiologiske mekanismer, der er involverede i en depression, og den enkelte persons erfaring af depressionen. Hvor den første type af undersøgelse er deskriptiv, vil den anden type være et forsøg på at forstå den normative struktur af den depressive persons erfaring, dvs. hvorfor har hun mistet glæden ved livet, hvad føler hun skyld over, og hvad gør hende håbløs. Den mest betydelige forskel på en deskriptiv og en normativ undersøgelse er, at den første har et fysisk fundament, hvorimod en normativ undersøgelse er uhåndgribelig. Hvad er kærlighed, sorg, håb, glæde, tristhed? Disse og andre afgørende menneskelige fænomener er vanskelige at få empirisk eller rationelt hold på, og de er ofte forskellige fra kultur til kultur, fra samfund til samfund, og endda fra person til person. Det er for at forstå disse uhåndgribelige og alligevel fundamentale fænomener, at vi har brug for at få den depressive person til at artikulere sine forestillinger om sig selv, sit liv, sit forhold til andre mennesker og sin depression. Som vi så ovenfor, er det gennem fantasien, at et menneske får mulighed for at forholde sig til sig selv, og mennesket forholder sig til selv gennem forestillinger om, hvordan hun eller han gerne vil leve sit liv. Det er altså igennem en forståelse af et depressivt menneskes forestillinger om sit liv, at vi kan afklare de subjektive og normative

strukturer, der er involveret i denne persons depressive erfaringer. Og det er gennem en afklaring af disse erfaringsstrukturer, at vi kan gøre os håb om at forstå, hvorfor dette konkrete menneske lider af depression. Hvor en naturvidenskabelig undersøgelse afdækker de objektive, dvs. upersonlige og generelle, mekanismer involveret i en depression, forsøger en erfaringsbaseret fortolkningsundersøgelse (i filosofi og psykopatologi også kaldet en hermeneutisk-fænomenologisk undersøgelse) at afdække de subjektive og normative strukturer, der konstituerer det konkrete menneskes erfaring af og forhold til sig selv. Vores forståelse af depression har brug for begge former for undersøgelser. Uden deskriptive undersøgelser vil vores normative forståelse være tom, og uden normative undersøgelser vil vores deskriptive forståelse være blind [17].

Kierkegaards etisk-religiøse tænkning argumenterer for nødvendigheden af at tage de normative aspekter af de ting, vi undersøger deskriptivt, alvorligt. Det vil sige, at når vi forsøger at forstå mennesket og den menneskelige tilværelse gennem naturvidenskabelig forskning, skal vi være opmærksomme på, hvornår vores undersøgelse glider fra et deskriptivt niveau til et normativt niveau. Vi kan ikke undgå den normative dimension, eftersom mennesket er et normativt væsen, og det er, som vi har set, en naturalistisk fejlslutning at forsøge at give deskriptive svar på normative problemer. I en tid, hvor vi i stigende grad søger svar på menneskets normative problemer i natur- og sundhedsvidenskabernes, viser Kierkegaard os, at vi kun kan bevæge os fra en deskriptiv undersøgelse til en normativ forklaring gennem argumenter, der tager tilværelsens håndgribelige såvel som uhåndgribelige aspekter alvorligt. Det vil sige argumenter, der respekterer og anvender både empiriske data og det, der ikke kan indfanges af empiriske undersøgelser. Selv om vi måske ikke kan tilslutte os Kierkegaards kristne forståelse af kærlighedens opbyggende funktion i et menneskes liv, kan vi anvende hans forståelse af etik som henholdsvis nedbrydende og opbyggende til at orientere os i de udfordringer, vi støder på, når vi bevæger os fra det deskriptive til det normative plan. Den nedbrydende funktion viser os, at det er vanskeligt at finde almengyldige normer for et menneskes liv. Vi eksisterer som individer, og som sådan har vi alle forskellige opfattelser af, hvad der er godt, forkert, passende eller rimeligt. I vores forsøg på at forstå det konkrete menneske bliver vi nødt til se og acceptere dette menneske som et individ, der er forskelligt fra andre mennesker. Samtidig har vi også brug for etikens opbyggende karakter. For at kunne leve sammen som mennesker bliver vi nødt til at forsøge at finde frem til normer og værdier, som muliggør en fælles tilværelse på denne jord. Dette er en udfordring, eftersom alle mennesker har en stemme i etikken, og vi derfor har over syv milliarder forskellige stemmer, som vi skal forholde os til, når vi tænker etisk. Dette er naturligvis en umulig opgave, men det er netop årsagen til, at Kierkegaard mener, at vi har brug for tro for at kunne tænke etisk. Også selv om vi som sagt måske ikke kan tilslutte os Kierkegaards kristne tro, så er det vanskeligt at benægte, at vi har

brug for en eller anden form for tro på mening, godhed og kærlighed for at kunne leve i en verden, der til tider fremstår som meningsløs, ond og ligegyldig over for den menneskelige tilværelse.

Litteratur

- [1] Kierkegaard beskriver sin begejstring for naturvidenskaberne i et – formentligt aldrig afsendt – brev fra 1835 til sin slægtning, naturforskeren Peter Wilhelm Lund. Brevet vidner om den unge Kierkegaards fascination af H. C. Ørstedes arbejde for naturvidenskabernes udbredelse. Kierkegaard er ikke så meget optaget af en bestemt naturvidenskabelig disciplin som af naturvidenskabernes generelle forsøg på at forstå naturen, og særligt er han tiltrukket af Ørstedes naturfilosofiske spekulationer. Som vi skal se, ændrer Kierkegaards syn på Ørsted og naturfilosofiske spekulationer sig drastisk, i takt med at han udvikler sin egen teologiske og filosofiske tænkning. Brevet til P. W. Lund kan findes i Søren Kierkegaard, *Journal AA: 12*; Søren Kierkegaards Skrifter, udgivet af Søren Kierkegaard Forskningscenteret (København: GAD Forlag 1997–2012), bind 17, side 18-23 (herefter citeret som SKS, efterfulgt af bind og sidetal. Alle 55 bind af denne tekstkritiske og kommenterede udgave af Kierkegaards skrifter er gratis tilgængelig i en digital version: www.sks.dk).
- [2] Søren Kierkegaard, *Journal NB: 73*; SKS 20, side 63–64. Hvis læseren skulle være interesseret i flere af Kierkegaards farverige udfald mod naturvidenskaberne, tillader jeg mig at henvise til min artikel: René Rosfort (2013) “at forstaaeliggjøre og tyde Naturens Runer”: En genovervejelse af Kierkegaards kritik af naturvidenskaben, *Dansk Teologisk Tidsskrift* 76, nr. 2, s. 133–149. Den nærværende artikel bygger på forskningsresultater fra denne artikel fra 2013. Perspektivet er dog et andet, og argumentet er udviklet i en anden retning.
- [3] Jeg kan anbefale tre bøger, der tilsammen giver en solid introduktion til Kierkegaards komplekse liv og værk. Joakim Garffs store biografi *SAK* giver et fyldigt billede af Kierkegaards liv og samtid: Joakim Garff (2000) *SAK. Søren Aabye Kierkegaard. En biografi*, København, GAD. En grundig introduktion til Kierkegaards filosofiske og teologiske tænkning vil man få ved at kombinere Arne Grøns lille og filosofisk fortættede bog, Arne Grøn (1994) *Begrebet Angst hos Søren Kierkegaard*, København, Gyldendal, med Ettore Roccas mere omfangsrige bog om hele forfatterskabet, Ettore Rocca (2016) *Kierkegaard*, København, Gyldendal.
- [4] Kierkegaard havde et udmærket personligt forhold til H. C. Ørsted og et endnu bedre forhold til dennes bror, juristen og den magtfulde politiker, A. S. Ørsted. For mere information, se Bruce H. Kirmmse (1996) *Søren Kierkegaard Truffet: Et liv set af hans samtidige*, København: C.A. Reitzel, s. 251 og Peter Tudvad, *Kierkegaards København*, København: Politikens Forlag, s. 161-162. Som nævnt ovenfor var den unge Kierkegaard fascineret af H. C. Ørstedes naturvidenskabelige arbejde. Denne fascination holder dog ikke længe, og i en optegnelse fra 1849 affejer han hoveddrystende Ørstedes hovedværk, *Aanden i Naturen*, med ordene: “[D]en hele Bog er fra først til sidst, videnskabeligt og filosofisk videnskabeligt, en Ubetydelighed; og selv der, hvor den vil være meest betydelig bevæger den sig altid i den største Ubetydeligheds ubetydeligste Vendinger”. Søren Kierkegaard, *Journalen NB14: 124*; SKS 22, s. 415-416. Jeg takker Jens Olaf Pepke Pedersen for at gøre mig opmærksom på denne optegnelse. Ørsted havde på sin side heller ikke meget godt at sige om Kierkegaards arbejde. Som rektor for Københavns Universitet skulle han i 1841 bedømme Kierkegaards magisterafhandling *Om Begrebet Ironi*. Ørstedes korte vurdering af Kierkegaards afhandling taler sit tydelige sprog: “Endskjønt jeg noksom seer Yttringen af betydelig aandlige Kræfter deri, kan jeg dog ikke nægte, at den gjør et overvejende ubehageligt Indtryk paa mig, især ved to Ting, som jeg hader, Vidtløftighed og Kunstlerie”. Citeret i Bruce H. Kirmmse (1996) *Søren Kierkegaard Truffet: Et liv set af hans samtidige*, København: C.A. Reitzel, s. 53.
- [5] Søren Kierkegaard, *Øieblikket Nr. 5*; SKS 13, s. 236. Kierkegaards angreb på den danske kirke og præsterne i slutningen af hans forfatterskab kaldes også “kirkekampen” og finder sin udledning i ti numre af bladet *Øieblikket*, som Kierkegaard selv udgiver til lejligheden.
- [6] Spadsereturene og samtalerne blev dog væsentlig færre og vanskeligere efter det famøse sammenstød i 1846 med samtidens førende satiriske blad *Corsaren*, hvori Kierkegaard blev skildret med tegninger og i ord som en selvoptaget og komisk figur på vandring rundt i København. Kierkegaard blev dybt såret, og han fortrak sig gradvist mere og mere fra bybilledet.
- [7] Søren Kierkegaard, *Journalen NB: 73*; SKS 20, s. 64.
- [8] Søren Kierkegaard, *Øieblikket Nr. 7*; SKS 13, s. 305 og s. 312.
- [9] David Hume (1975) *A Treatise of Human Nature*, ed. L. A. Selby-Bigge, Oxford: Oxford University Press, s. 470-471.
- [10] G. E. Moore (1903) *Principia Ethica*. Cambridge: Cambridge University Press 1903, s. 5-21.
- [11] Søren Kierkegaard, *Begrebet Angst*; SKS 4, s. 443.
- [12] Som nævnt ovenfor er det i det skelsættende værk fra 1846, *Afsluttende Uvidenskabelig Efterskrift*, at han udarbejder begrebet “Existents” til at fungere som et nøglebegreb i sin tænkning.
- [13] Søren Kierkegaard, *Sygdommen til Døden*; SKS 11, s. 147.
- [14] Søren Kierkegaard, *Afsluttende uvidenskabelig Efterskrift*; SKS 7, s. 301.
- [15] Søren Kierkegaard, *Journalen NB 27: 73*; SKS 25, s. 186-187.
- [16] Søren Kierkegaard, *Kjerlighedens Gjerninger*; SKS.
- [17] Dette udtryk taget i ændret form fra den tyske filosof Immanuel Kant, hvis filosofiske hovedværk fra 1781, *Kritik der reinen Vernunft*, har sit teoretiske omdrejningspunkt i samspillet mellem empiri og erfaringsstrukturer; Immanuel Kant (1998) *Kritik der reinen Vernunft*, Hamburg: Felix Meiner Verlag, s. A51/B75.



René Rosfort er lektor i etik og religionsfilosofi ved Søren Kierkegaard Forskningscenteret, Det Teologiske Fakultet, Københavns Universitet.

Laacher See-vulkanudbruddet og effekten på klimaet

Felix Riede, Laboratory for Past Disaster Science, Afdeling for Arkæologi og Kulturarvsstudier, Aarhus Universitet

Christian Tegner, Institut for Geoscience, Aarhus Universitet

Claudia Timmreck og Ulrike Niemeier, Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamborg

Anja Schmidt, Departments of Chemistry og Department of Geography, Cambridge University

Clive Oppenheimer, Department of Geography, Cambridge University, og

Anke Zernack, School of Agriculture and Environment, Massey University

For omkring 13.000 år siden, hen imod afslutningen af den sidste istid, gik Laacher See-vulkanen i det vestlige Tyskland i udbrud. Udbruddet er blandt de største, vi kender siden istiden, med en udbrudssøjle af aske og gas, der sandsynligvis nåede op i 20 og måske endda 40 kilometers højde og påvirkede datidens planter, dyr og mennesker i store dele af Europa, inklusive Danmark. Vi beskriver her nye undersøgelser, der ser på udbruddets klimaeffekter ved hjælp af sofistikerede modelberegninger.

Vulkanudbrud kommer i alle størrelser – de kan være små, blide og uden store farer for os mennesker, men de kan også være kraftige, spektakulære og ødelæggende. Store, eksplosive vulkanudbrud kaster store mængder af partikler og gasser ud i atmosfæren og kan således have indflydelse på klodens klima. I Europa kender vi mest vulkanudbrud fra fjernsynet – på det seneste fra det fjerne Hawaii og Indonesien – eller nu og da fra Italien og Island.

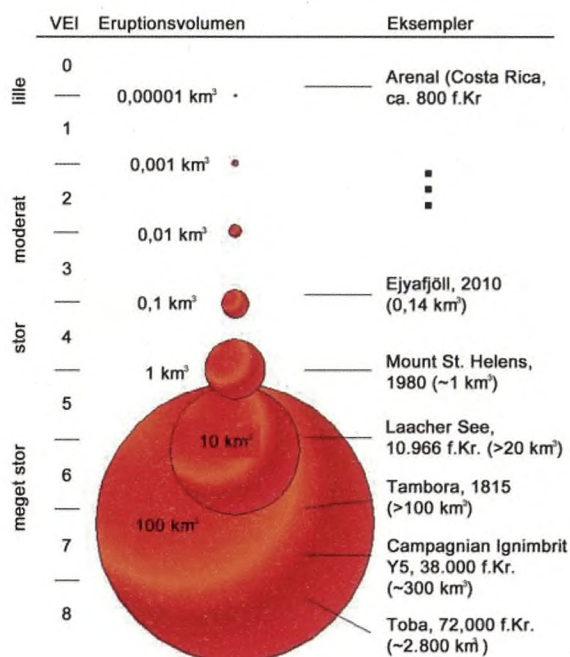
De islandske vulkanudbrud og de dertilhørende aske- og svovlpartikler, som vindene kan bringe til det europæiske kontinent, fyldte fx meget i medierne i 2010. Her var det Eyjafjallajökull-udbruddet, der lammede flytrafikken i store dele af verden. Det på trods af, at Eyjafjallajökull-udbruddet var forholdsvis begrænset, hvis man betragter mængden af vulkansk udbrudsmateriale.



Figur 1. Laacher See-vulkanen, set fra en drone. Det runde vulkankrater er i dag fyldt med vand. Afgasning af CO₂-bobler i vandet viser, at vulkanen stadig er aktiv.

For omtrent 13.000 år siden gik Laacher See-vulkanen – i dag en smuk sø i det vestlige Tyskland – i voldsomt udbrud (figur 1). Dette udbrud var mange gange større end Eyjafjallajökull. Laacher See-vulkanen er en del af Eifel-vulkanzonen, som har været aktiv i de sidste 700.000 år. Vulkanismen er her drevet af varmt opstigende kappemateriale dybt under Jordens skorpe, et såkaldt hotspot, i kombination med sprækkesystemer i den europæiske skorpe, som fx har skabt Rhin-dalen. Igennem forskellige følgevirkninger på dyr, planter og klima medførte udbruddet sandsynligvis store demografiske og kulturelle ændringer blandt datidens jægersamlerfolk i Europa og især i Skandinavien [1]: Traditionelle migrationsruter blev lukket, folk blev isolerede, og deres redskaber ændrede sig. Måske skete der endda

et tab af bue- og pileteknologien. Hvorvidt klimaet blev påvirket af Laacher See-udbruddet, og hvorvidt disse klimaændringer eventuelt også påvirkede stenalderssamfundet, er dog endnu ikke afklaret.



Figur 2. Vulkansk eksplosivitets-indeks med angivelse af nogle kendte udbrud fra nyere, historisk og forhistorisk tid.

Vulkanudbrud måles på det såkaldte vulkanske eksplosivitets-indeks (Volcanic Explosivity Index eller VEI), som er nogenlunde magen til den mere kendte Richter-skala for jordskælv, idet den tager højde for en blanding af kvantitative målinger og kvalitative iagttagelser og desuden er logaritmisk: Et udbrud målt til VEI = 6 er således ti gange større end et udbrud målt til VEI = 5 (figur 2).

Pinatubo-udbruddet som casestudie

For bedre at kunne forstå datidens vulkanudbrud og deres mulige indflydelse på klimaet er det afgørende at starte med et robust casestudie. I 1991 eksploderede Pinatubo-vulkanen i Filippinerne (figur 3). Takket være opmærksomme videnskabsfolk, effektiv overvågning

og et hurtigt beredskab, var der kun ganske få dødsfald på trods af, at udbruddet var voldsomt (figur 4).



Figur 3. Vulkanen Pinatubo i udbrud i 1991 [2].

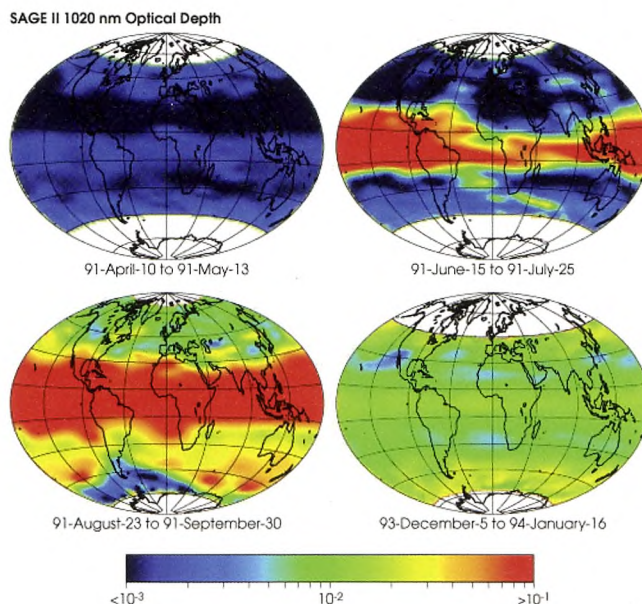
I forhold til vores evne til at undersøge og modellere ældre vulkanudbruds potentiale til at påvirke klimaet på lokal, regional eller endda global skala, repræsenterer begivenheden en enestående mulighed. Udbruddet blev beskrevet og dokumenteret særdeles godt, og mængden af aske og aerosoler blev fx målt løbende. Partiklernes transport igennem troposfæren (<10 km højde) og også i den overliggende stratosfære (10-50 km højde) blev fulgt – især via satellitmålinger (figur 5). Og det er netop igennem partikelinjektionen i stratosfæren, at vejr og klima på regional og global skala bliver påvirket.



Figur 4. Ødelæggelser i kølvandet af Pinatubo-udbruddet: Tage kollapsede i hobetal, og vulkanaske blandet med regnvand førte til meget destruktive mudderstrømme, såkaldte lahars [2].

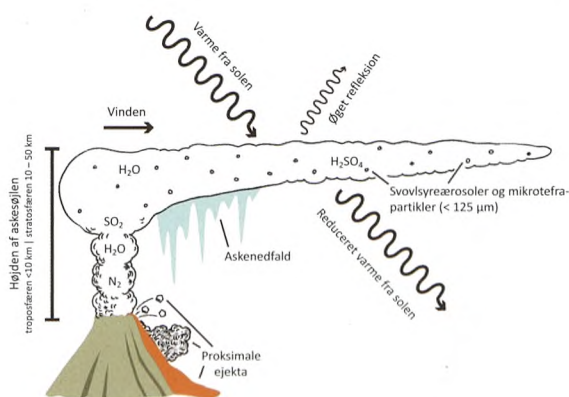
Injektionshøjden – altså hvor højt op i stratosfæren partiklerne når – samt mængden af især svovl og dens kemiske derivater er afgørende for et vulkanudbruds indflydelse på klimaet. Injektionshøjden har størst betydning, da der ikke findes skyer – og dermed heller ikke regn – i luftlagene over 10 kilometers højde. Partiklerne er derfor længe om at blive vasket ud igen, og de kan således forblive i cirkulation længe og over store afstande på global skala. Mængden af svovl (S) er afgørende, fordi svovl omdannes til svovldioxid (SO_2) og svovlsyre (H_2SO_4). Svovlsyren danner så aerosoler – små luftbårne partikler eller dråber – og disse kan sprede sig og forblive i stratosfæren i lang tid (1–3 år). Sådanne aerosoler kan have en betydelig indflydelse på solindstrålingen til jordoverfladen og påvirker både

direkte og indirekte. Den direkte påvirkning skyldes, at aerosolerne spreder, reflekterer eller absorberer Solens stråler, samt reflekterer den infrarøde stråling fra jordoverfladen (figur 6).



Figur 5. Aerosol-partiklernes fordeling i stratosfæren i tiden efter Pinatubo-udbruddet. Bemærk den globale spredning og hvor længe partiklerne forbliver i omløb [3].

I tiden efter udbruddet kunne satellitterne måle intensiteten af dette partikeldække i stratosfæren og dets formørkelseseffekt, den såkaldte aerosol-optiske tykkelse (*aerosol optical thickness*). At partikelfanen havde en klimateffekt, ses i globale temperaturmålinger fra årene efter Pinatubo-udbruddet, som viser, at begivenheden medførte en gennemsnitlig global nedkøling på omkring $0,25^\circ\text{C}$ i de første to år efter udbruddet [4].



Figur 6. Model over et vulkanudbruds påvirkning af klimaet.

Tilbage til Laacher See

Lad os nu vende tilbage til perioden omkring sidste istids afslutning og udbruddet af Laacher See-vulkanen. Hvis vi vil forstå vulkanens mulige påvirkning af klimaet i Europa, skal vi have robuste estimater af askesøjlen højde samt den svovlmængde, som udbruddet frigjorde. Udbruddet var meget intensivt og eksplosivt takket være en vedvarende interaktion mellem vand (grund- og regnvand) og magma (smeltet bjergartsmasse, der bliver

til lava og aske ved udbrud). Vulkanske aflejringer fra denne ene begivenhed, som varede fra nogle uger til få måneder, tårner sig i dag op i et lag på op til 50 meter omkring kratersøen (figur 7). Ledende vulkanologer – frem for alt den tyske vulkanologkoryfæ Hans-Ulrich Schmincke – anfører, at højden af askesøjlen muligvis nåede 40 km. Andre og mere konservative estimater ligger omkring de 20 km med minimumsestimater omkring 10 km. I alle tilfælde vil udbrudspartiklerne kunne sprede sig i stratosfæren.

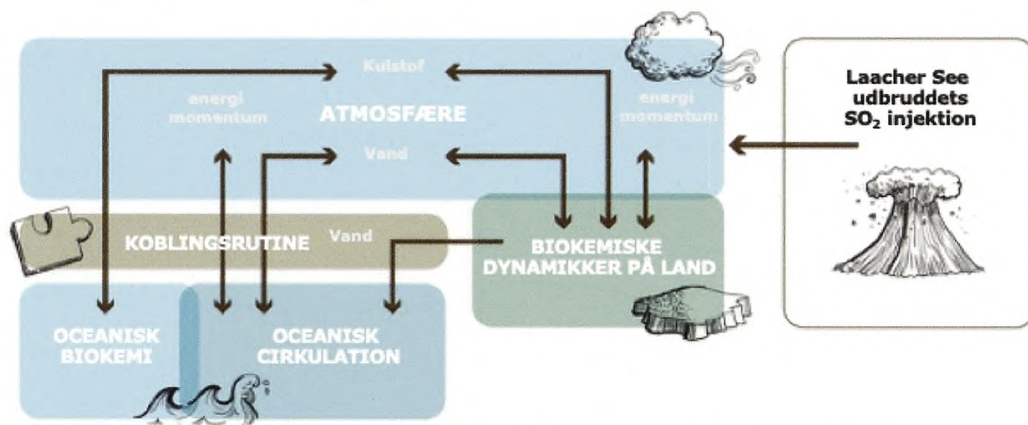


Figur 7. Laacher See-askeflejringerne i nærheden af krateret. Manden i den blå jakke er medforfatter Christian Tegner som målestok.

En nøje estimering af den dertil knyttede svovlmængde er ligeledes udfordrende. Skønt man kan måle svovlindholdet i uafgasede magmabobler fanget i afkølede vulkansten ved hjælp af petrologiske metoder, så er det kendt, at netop denne metode kraftigt underestimerer den reelle svovlmængde, der frigives. Det blev klarlagt ved Pinatubo-udbruddet.

Her målte man fx blot 0,11 megaton (Mt) af SO_2 via den petrologiske metode, mens satellitmålinger peger på, at den egentlige mængde SO_2 , der blev frigivet, var hele 17 Mt. Dette misforhold kan forklares med afgasning af svovl fra magma i store kamre under vulkanen. I Laacher See-askeflejringerne indikerer den petrologiske metode, at ca. 1,9 Mt SO_2 blev frigivet og dermed et tilsvarende real-estimat på 150 Mt SO_2 eller deromkring, hvis afgasningen fra Pinatubo kan bruges som en analogi. Disse værdier kan bruges til at beregne den mulige klimapåvirkning af Laacher See-udbruddet. Modellerne for og beregningerne af globale og regionale klimadynamikker er modulære, ret komplicerede og i den grad krævende i forhold til regnekraft (figur 8). Ved Max-Planck-Instituttet for Meteorologi i Hamborg har man opbygget en af de mest avancerede klimamodeller, der findes, som tager højde for ikke blot atmosfærens dynamikker, men også dynamikkerne over land og hav [5]. Og vigtigst af alt for os, er det muligt i denne model at tilføje effekten af aske og svovl fra vulkanudbrud.

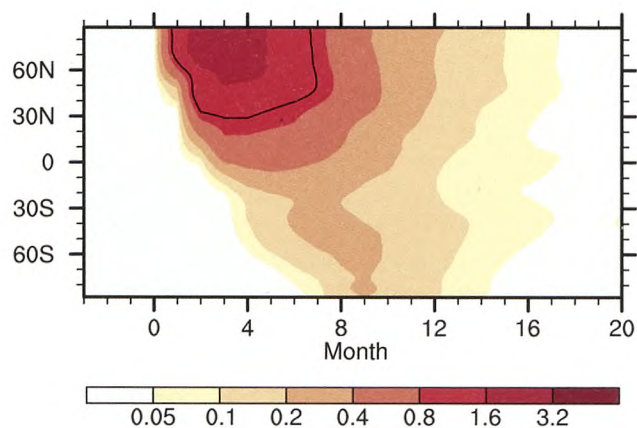
I de første nye beregninger af Laacher See-udbruddets klimaeffekt antog vi en udbrudsvarighed på kun 10 timer – udbruddet varede sandsynligvis flere måneder, dog med stærkt skiftende intensitet. Vi antog også, ganske konservativt, en askesøjle på kun 10 kilometers højde, en SO_2 -mængde på 150 Mt og et udbrudstidspunkt i begyndelsen af maj. Netop det sidste parameter kan vi faktisk estimere ganske godt, da askelaget har bevaret planterester og spor af dyr, som alle peger i retning af et udbrud i det sene forår eller tidlige sommer. Vores foreløbige beregninger antyder klart, at Nordeuropa blev mere eller mindre mørklagt – dag og nat – i tiden efter udbruddet (figur 9). Denne stærke atmosfæriske formørkelse vil utvivlsomt have påvirket temperaturen i et vist omfang. Præcist hvor stor denne effekt var, og hvilken indflydelse de enkelte parametre har for størrelsesordenen af effekterne, vil fremtidige beregninger vise. Lignende undersøgelser af vulkanudbrud de sidste knap 1500 år viser ligesom vore beregninger for Laacher See-vulkanen, at også vulkanudbrud uden for troperne kan have markante klimaeffekter [6]. Vore nye beregninger bekræfter tidligere og noget simplere udregninger, som også pegede på klimatiske effekter af Laacher See-udbruddet [7]. Vi



Figur 8. Skema over Max-Planck-Institutts klimamodel, dens modulære opbygning og sammenkobling.

forventer således, at vore kommende beregninger med mere realistiske antagelser for udbrudsperioden samt udbrudssøjleens højde, og foretaget under mere realistiske klimamodelleringsparametre, vil påvise en kraftigere klimapåvirkning end hidtil antaget.

Den formodede klimateffekt af udbruddet kan fx ses i træer fra Centraleuropa, der er næsten fossilerede, og hvor meget tynde træringe fra denne tid tyder på dårlige vækstforhold. Udbruddet og de efterfølgende klimafluktuationer påvirkede sandsynligvis også datidens jæger-samlerfolk. I sammenspil med andre – og for det meste negative – følgevirkninger af udbruddet og askenedfaldet havde begivenheden en mangesidig indvirkning på datidens samfund. Vejret opførte sig mærkeligt, dyrene og planter blev påvirket, landskabet ændrede sig, og mørket varede i flere måneder. Vi ved fra vulkanudbrud i nyere tid, at det er både de klimatiske og økologiske såvel som de emotionelle effekter, som får folk til at reagere. Der ses almindeligvis øget stress-respons, men også i høj grad migrationer. Det matcher meget godt et scenarium, man kunne forestille sig i tiden efter udbruddet for 13.000 år siden.



Figur 9. Den aerosol-optiske tykkelse (*aerosol optical thickness*) i perioden efter Laacher See-udbruddet for et udbrud med en SO₂-mængde på 150 Mt. Den vandrette akse angiver tiden i måneder, hvor 0 markerer udbrudstidspunktet. Den lodrette akse angiver breddegrader. Desto rødere markeringen, desto mørkere er det. En værdi på 1 – markeret af den sorte streg – afspejler meget disede forhold. Ved en værdi på 4 kan Solen ikke ses midt på dagen.

Skal vi frygte et fremtidigt udbrud ved Laacher See?

Udgør Laacher See-vulkanen en reel trussel i vores tid? Vulkanen har ikke været i udbrud i lang tid, men kuldioxid (CO₂) bobler stadig op til søens overflade flere steder i krateret og tyder derfor på fortsat aktivitet. Desuden peger nye målinger af såkaldte dybe lavfrekvens-jordskælv i området på, at magma bevæger sig i kammeret under vulkankrateret. Alt dette tyder på, at det vulkanske system i Eifel-egnen endnu ikke er udsukt, men blot “slumrer”. Nye udbrud vil derfor sandsynligvis finde sted i fremtiden. Laacher See-vulkanen er dog ikke på listen over verdens farligste vulkaner, så det er nok ikke den, vi skal holde mest øje med her og nu. At store vulkaner generelt udgør en trussel er dog en kendsgerning; udbrud af størrelse

6 på eksplosivitetsskalaen eller derover vil alt andet lige medføre markante effekter på det globale klima, på økonomi, på moderne infrastruktur, som i den grad er sårbar over for askenedfald, samt på flytrafik og den dertil knyttede logistik [8]. Fra fortiden ved vi ligeledes, at vulkanudbrud og deres klimatiske effekter gennem forskellige årsagssammenhænge kan have indflydelse på geopolitiske og kulturelle processer.

Litteratur

- [1] Riede, F. (2017) “Splendid isolation. The eruption of the Laacher See volcano and southern Scandinavian Late Glacial hunter-gatherers”, Aarhus Universitetsforlag.
- [2] vulcan.wr.usgs.gov/Volcanoes/Philippines/Pinatubo/framework.html.
- [3] earthobservatory.nasa.gov/images/1510/global-effects-of-mount-pinatubo.
- [4] Schmidt, A., Mills, M.J., Ghan, S., Gregory, J.M., Allan, R.P., Andrews, T., Bardeen, C.G., Conley, A., Forster, P.M., Gettelman, A., Portmann, R.W., Solomon, S. og Toon, O.B. (2018) “Volcanic Radiative Forcing From 1979 to 2015”, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, bind 123, side 12,491–12,508.
- [5] Stier, P., Feichter, J., Kinne, S., Kloster, S., Vignati, E., Wilson, J., Ganzeveld, L., Tegen, I., Werner, M., Balkanski, Y., Schulz, M., Boucher, O., Minikin, A. og Petzold, A. (2005) “The aerosol-climate model ECHAM5-HAM”, *Atmospheric Chemistry and Physics*, bind 5, side 1125–1156.
- [6] Toohey, M., Krüger, K., Schmidt, H., Timmreck, C., Sigl, M., Stoffel, M. og Wilson, R. (2019) “Disproportionately strong climate forcing from extratropical explosive volcanic eruptions”, *Nature Geoscience*, bind 12, side 100–107.
- [7] Graf, H.-F. og Timmreck, C. (2001) “A general climate model simulation of the aerosol radiative effects of the Laacher See eruption (10,900 B.C.)”, *Journal of Geophysical Research*, bind 106, side 14747–14756.
- [8] Donovan, A. og Oppenheimer, C. (2018) “Imagining the Unimaginable: Communicating Extreme Volcanic Risk”, i C.J. Fearnley, D.K. Bird, K. Haynes, W.J. McGuire og G. Jolly (red.) “Observing the Volcano World: Volcano Crisis Communication”, Cham: Springer International Publishing, side 149–163.



Felix Riede er professor i klimaarkæologi og leder af Laboratory for Past Disaster Science ved Aarhus Universitet. Han har modtaget Danmarks Frie Forskningsfonds Sapere Aude-elite-stipendium i to omgange, og senest har han modtaget et Consolidator Grant fra European Research Council (ERC).



Christian Tegner er professor i geologi ved Aarhus Universitet og er med i ledelsen af Earth System Petrology-forskergruppen.



Anja Schmidt er lektor i interdisciplinær klimamodellering i en stilling delt mellem Department of Chemistry og Department of Geography, Cambridge University.



Claudia Timmreck er leder af forskningsgruppen Stratospheric Forcing and Climate ved Max-Planck-Institut für Meteorologie i Hamborg.



Clive Oppenheimer er professor i vulkanologi ved Department of Geography, Cambridge University.



Ulrike Niemeier er forsker i Stratospheric Forcing and Climate-gruppen ved Max-Planck-Institut für Meteorologie i Hamborg.



Anke Zernack er vulkanolog og tidligere postdoc ved Aarhus Universitet. Hun er nu Research Officer i Volcanic Risk Solutions Group ved Massey University i New Zealand.

Hæderspris til Kristine Niss



Figur 1. Professor Kristine Niss, RUC.

Kif-prisen for 2018 er blevet uddelt til professor Kristine Niss ved RUC. Kif-prisen uddeles én gang om året og har skiftende fokus. I 2018 skulle prisen gives til en

kvinde, som arbejder inden for de fysiske fag (fysik, ingeniørvidenskab), og som optræder som rollemodel for andre kvinder inden for fysik.

Mette Grage, der er næstformand for Kif, fortæller, at "der var et stærkt indstillingsfelt med særdeles dygtige og velrenommerede fysikere. Valget faldt på Kristine, og hun er i sandhed en rollemodel for mange såvel kvinder som mænd: inden for sit forskningsfelt, på universitet og i sin undervisning, som populærvidenskabelig formidler på Videnskab.dk og Videnskabsfestivalen samt i Det Unge Akademi, som hun har været formand for. Desuden er hun sin opgave som rollemodel bevidst og har tidligere også lagt et stort arbejde i Netværk for Kvinder i Fysik, og hun virker til stadighed aktivt i det danske fysikermiljø. Hun er en fantastisk rollemodel med sit faglige engagement, sin nysgerrighed og sit overskud."

Bedømmelsesudvalget bestod af en ekstern komite med professor Jan Thomsen, KU, professor Stine Korreman, AU og lederen af IP management i GEA Group, Karin Nordström Dyvelkov, som medlemmer.

Niels Bohr og hestekoer – historien om en anekdote

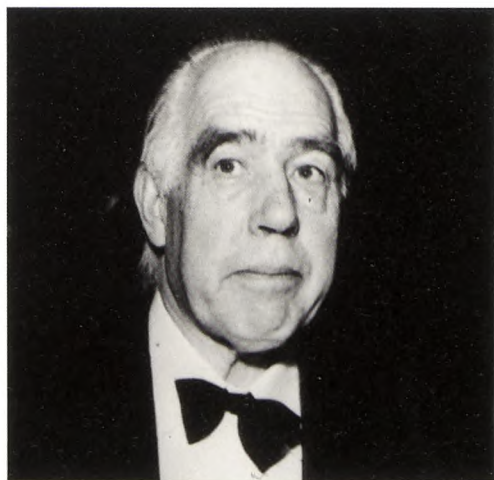
Af Søren Nørby

Niels Bohr var blandt meget andet kendt for en fortælling med et vittigt replikskifte om den virkning, folketraditionen tilskriver det at have en hestekoer hængende. Med udgangspunkt i to forskellige versioner redegøres der for et forsøg på at afklare, hvordan og hvornår Bohr fik en central rolle i denne vidt udbredte fortælling.¹

Den kendte og yndede fortælling om Niels Bohr og hans hestekoer er bl.a. gengivet i mindebogen “Bohr på ny” [1], som blev udgivet i 2013 i anledning af 100-året for Bohrs atommodel. Her genfortalte Bohrs sønnesønner, Vilhelm og Tomas, den således i kapitlet “Om farfar”:

Over indgangsdøren til Lynghuset hang en hestekoer, og efter sigende var der engang en journalist, der spurgte farfar, om professor Niels Bohr virkelig troede på den slags overtro. “Nej, naturligvis ikke”, svarede han, “men jeg har ladet mig fortælle, at den virker, selv om man ikke tror på den!”

Selv har jeg stødt på den flere gange, siden jeg for mange år siden så den på tryk i den russisk-amerikanske fysiker George Gamows bog “Thirty Years that shook Physics” [2], og jeg har aldrig stillet spørgsmålstejn ved historiens sandhedsværdi. Ikke førend en udredning af et par urigtige Bohr-citater i Kristeligt Dagblad i efteråret 2015 medførte, at jeg fik læst den tyske fysiker Werner Heisenbergs erindringsbog “Der Teil und das Ganze” i den engelske oversættelse “Physics and Beyond” (1971) [3]. Der mødte jeg pludselig en lidt anden version af hestekoer-historien, denne gang gengivet af én, der angiveligt havde hørt den fortalt af Niels Bohr selv.



Figur 1. Niels Bohr, fotograferet ved en reception på Waldorf Astoria i New York i 1954.

Heisenbergs version åbner for en nærmere udredning

Heisenberg (1901–76), der var meget tæt på Bohr i 1920'erne og 30'erne, skriver i sin bog om en samtale med Bohr, hvori han orienterede Bohr om en længere

diskussion om religion og naturvidenskab, som han nogen tid forinden havde haft med sine jævnaldrende fysikervenner Paul Dirac (1902–84) og Wolfgang Pauli (1900–58), mens de i 1927 deltog i den 5. Solvay-konference i Bruxelles. Ifølge Heisenberg afsluttede Bohr samtalen med “en af de historier han gerne fortalte ved den slags lejligheder”:

I nærheden af vores sommerhus bor der en mand, der over døren til sit hus har anbragt en hestekoer, hvilket ifølge gammel folketro skal bringe lykke. Da en bekendt spurgte ham: “Er du virkelig overtroisk? Tror du virkelig, at hestekoer vil bringe dig lykke” svarede han: “Selvfølgelig gør jeg ikke det, men man siger jo, at det også hjælper, selv om man ikke tror på det.” (Gengivet fra Mogens Boisens danske oversættelse “Del og Helhed” fra 1971 [3].)



Figur 2. Konference i Auditorium A på Institut for teoretisk Fysik (senere Niels Bohr Institutet) i 1930. På første række sidder tre af artiklens hovedpersoner: Bohr (nr. 2 fra venstre), Heisenberg (nr. 3) og Gamow (nr. 5). Nr. 2 fra venstre i anden række er i øvrigt Piet Hein.

Ifølge dette har Werner Heisenberg åbenbart hørt Bohr fortælle historien om hestekoer, men i en version hvor det ikke er Bohr selv, men en mand i nærheden af Bohrs sommerhus, der har en hestekoer hængende, og giver det finurlige svar om dens lykkebringende virkning, selv om han ikke tror på det.

Da jeg kort inden opdagelsen af varianten hos Heisenberg havde korresponderet med Vilhelm Bohr – som jeg kendte fra tidligere – om mit engagement i korrektionen af de nævnte “Bohr-citater” i Kristeligt Dagblad, sendte jeg ham medio december 2015 Heisenbergs udgave af anekdoten med spørgsmålet om, hvorvidt dén version mon ikke var den originale. Vilhelm svarede

¹En forkortet udgave af artiklens første del indgår i Vejby-Tibirke Selskabets Årbog 2019.

dog, at han troede, at hans farfar havde talt om sin egen hesteko, men sendte spørgsmålet videre til Niels Bohr Arkivet, der er beliggende på Niels Bohr Institutet, og som han er formand for.

Samtidig begyndte jeg at søge oplysninger på internettet og fandt hurtigt ud af, at der findes mange varianter af historien, både mht. hestekoens placering og den besøgendes identitet. En overraskende version var én, hvor Bohr skulle have fortalt, at det var Newton, der havde hestekoens hængende og leverede den berømte replik [4].

Her er det for udredningen af anekdotens historie lidt interessant, at den østrigsk-amerikanske fysiker Victor Weisskopf (1908–2002) i 1971 blev citeret for – da han blev spurgt, om han troede på de dengang hypotetiske kvarker – at have svaret med en variant af hesteko-anekdoten: Nemlig, hvor det er Bohr, der besøger en bekendt, der har en hesteko hængende over døren, hvorefter Bohr spørger ham, om han virkelig tror på sådan noget og får det kendte svar [5]. Med tanke på, at Heisenbergs bog udkom i september 1969 [6] – samt at de første eksperimentelle resultater, der sandsynliggjorde, at de indtil da hypotetiske kvarker eksisterede, blev publiceret i oktober samme år [7] – er det selvfølgelig tænkeligt, at Weisskopf får stillet spørgsmålet, efter at han har læst anekdoten i Heisenbergs bog; omend Weisskopf-citatet er lidt forskelligt fra Heisenbergs version.



Figur 3. Svein Rosseland og Yoshio Nishina saver brænde ved Bohrs nyrehvervede sommerhus.

Niels Bohr Arkivet overrasker med uventet dokumentation

Vilhelm Bohrs henvendelse til Niels Bohr Arkivet gav en afgørende og uventet brik til besvarelsen af spørgsmålet om anekdoten og dens baggrund. Primo januar 2016 modtog jeg fra Vilhelm det svar, han havde fået fra Arkivet i form af en kopi af en kort korrespondance fra september 1962 mellem folkemindeforskeren Iørn Piø (Dansk Folkemindesamling) og Niels Bohr. Piø refererer i sit brev til Bohr til “den meget udbredte anekdote, der fortælles om Dem og den hesteko, som De skal

have hængende i Deres sommerhus”, og han betoner, at “det vil have stor betydning for folkemindeforskningen at få at vide om anekdoten refererer sig til noget som De faktisk har sagt eller om det blot er opspind”. Bohr svarede få dage efter, gennem sin sekretær, at der ikke ligger noget faktisk til grund for anekdoten, at den stammer fra fysikeren George Gamow og oprindeligt er ment som en spøg. Svaret slutter: “Professor Bohr har ved flere lejligheder genfortalt denne, og det er formentlig årsagen til den misforståelse, at historien skulle være sand og endda dreje sig om professor Bohr.”²

Denne afklaring var vist lige så overraskende for Vilhelm som for mig. Der var dog ikke tale om nogen “fortroligt”-stemplet korrespondance, for kort tid efter kunne jeg konstatere, at Piø i 1973 havde fået udgivet en bog, “Den lille overtro”, hvori han i et kapitel om hestekoens rolle i folkeovertroen havde gengivet korrespondancen med Bohr i dens fulde ordlyd [8]. Senere har Piø i 1976 uddybende skrevet, at Bohr havde svaret ham, at historien om hestekoens var en af hans egne yndlingshistorier, men at han fortalte den om George Gamow [9]. Piø konkluderer, at efter, at Bohr lancerede historien i Danmark, er Gamows navn “i den danske tradition” blevet udskiftet med Bohrs, “som jo er nok så kendt herhjemme.” Så vidt jeg kan se, er Piøs oplysning om, at Bohr fortalte historien med Gamow som hovedperson, fri fantasi. I Bohrs svar til Piø står der intet om, hvem han fortalte historien om, og der foreligger intet om yderligere korrespondance eller anden kontakt mellem dem. Bohr dør godt to måneder efter korrespondancen, 77 år gammel.

Et forsøg på en nærmere indkredsning af anekdotens forhistorie

Bohrs dementi af hesteko-anekdotes sandhedsværdi blev næppe via Piøs publikationer kendt af ret mange, ikke engang af Bohrs egen familie. Øjensynligt heller ikke efter, at journalisten og forlæggeren Niels Blædel havde refereret Piø/Bohr-korrespondancen i sin Bohr-biografi “Harmoni og Enhed” (1985) [10]. Blædel kunne ikke dy sig for i denne forbindelse – “for at vi nu ikke skal føle os alt for sikre på Bohr”, som han skrev – at bringe et foto fra 1924 af Bohr og et par af hans gæsteforskere (Hendrik Kramers og George de Hevesy), der saver brænde ved gavlen af Bohrs nyrehvervede sommerhus, hvor man ser en hesteko hænge på et træskur ved siden af hovedhuset. Måske er det dén hesteko, som Vilhelm Bohr i sommeren 2016 fandt i sommerhuset og sendte mig et foto af. Et foto fra samme lejlighed, med et par af Bohrs andre gæsteforskere (Svein Rosseland og Yoshio Nishina) ved savbukken, bringes hosstående. Ifølge Blædels kilder begyndte Bohr at fortælle hesteko-historien, efter at han havde været i USA engang efter Anden Verdenskrig.

Det er vurderingen på Niels Bohr Arkivet, at henvisningen til Gamow som Bohrs kilde til historien er

²Ved den redaktionelle behandling af nærværende artikel er det kommet frem, at Kvant tidligere har bragt en kort artikel om Bohr og hestekoens: Larsen, M.E. (1992), “Havde Niels Bohr virkelig en hesteko over døren til sit sommerhus?”, Kvant, nr. 3, december s. 20. Artiklen refererer til den første offentliggørelse af Piøs korrespondance med Bohr: Iørn Piø: “Bank under bordet”, Foreningen Fremtiden, København 1963, s. 56ff.

fuldt pålidelig, og at Heisenbergs beretning om, at Bohr skal have fortalt historien engang sidst i 20'erne, ikke skal tages for pålydende. I forordet til sin bog gør Heisenberg da også opmærksom på, at de samtaler, han beskriver, er fiktion, og at han netop har valgt den konstruerede samtale som et redskab til at formidle udviklingen inden for atomfysikken, sådan som han oplevede den i de 50 år, han var en del af den. Hans formulering, nemlig at hestesko-historien var "en af de historier", Bohr fortalte som afslutning på længere samtaler, er ikke uforenelig med det faktum, at Bohr først har fortalt lige netop dén historie ved en langt senere lejlighed.



Figur 4. Nabohuset til Bohrs sommerhus.

Filosoffen David Favrholdt (1931–2012), der var en stor kender og beundrer af Bohr, gengav i sin bog "Filosoffen Niels Bohr" (2009, 2017) [11] hestesko-anekdoten med fysikeren Max Delbrück ("tror jeg det var") som den nysgerrige gæst. Selvom Bohr har fortalt, at Gamow var ophavsmanden til historien, mente Favrholdt, at det nu nok var Bohr selv, der – "i en munter samtale med Gamow" – havde fundet på den berømte afsluttende replik. Gamow selv har ikke efterladt nogen kommentar om sin rolle i anekdotens tilblivelse, hverken i "Thirty Years that shook Physics" eller i erindringsbogen "My World Line" [12].

Vi ved, at Bohr fortalte historien. Det fremgår dels af svaret til Piø, dels af en udtalelse fra Bohrs søn Ernest (1924–2018). Professor emeritus ved Niels Bohr Institutet og tidligere formand for Niels Bohr Arkivet, Andrew Jackson, har fortalt mig [13], at han i ca. 1999 var på besøg i Tisvilde sammen med forfatteren Michael Frayn og dennes kone, der var i landet i anledning af opførelsen af Frayns skuespil "Copenhagen" (om et omdiskuteret møde mellem Bohr og Heisenberg i 1941). De blev modtaget og vist rundt af Ernest Bohr. Ifølge Jackson spurgte Frayn Ernest Bohr, om hestesko-historien var sand, hvortil Ernest diplomatisk svarede: "Father told the story". Han hverken bekræftede eller benægtede historiens bund i virkeligheden, men han bekræftede, at Bohr fortalte den til andre. Der er for mig ingen tvivl om, at Niels Bohr ikke selv var hovedpersonen i den version, han fortalte til andre, så på det punkt står Heisenbergs version til troende, vil jeg mene. Man behøver da heller ikke at gå længere væk

fra Bohrs hus end til nabohuset "Spaahekrogen" for at finde en hestesko over indgangsdøren, se figur 4. "Spaahekrogen" var i sin tid Bohrs gode ven maleren William Scharffs sommerhus. Der er vist i øvrigt heller ikke nogen evidens for, at der på noget tidspunkt har hængt en hestesko over indgangsdøren til Bohrs sommerhus.

Anekdotens fortid i Danmark

Hestesko-anekdotens udbredelse i Danmark går formentlig tilbage til dens offentliggørelse i Politiken-antologien "Alverdens Anekdoter" (1956) [14], hvor den er gengivet således:

Ovenover indgangsdøren til Niels Bohrs sommerhus hænger der en hestesko. – En gæst, der undrede sig over at finde dette tegn på overtro ved indgangen til netop Niels Bohrs hus, spurgte professoren:

"Hvordan kan De som naturvidenskabsmand tro på, at en sådan tingest bringer lykke?"

"Nåh, jeg tror nu heller ikke på den", svarede Bohr; "men jeg har ladet mig fortælle, at den bringer lykke også hvis man ikke tror på den."

Dette er imidlertid ikke den ældste trykte danske version. Den foreløbigt ældste version har jeg fundet i bladet "Danmarksposten" (1955) [15] og interessant nok med en ordlyd, der adskiller sig en hel del fra den sædvanlige, selvom pointen selvfølgelig er den samme:

Over professor Niels Bohrs dør hænger en hestesko. Fornylig blev den verdensberømte atomekspert spurgt, om han i virkeligheden troede på, at den bragte lykke. "Nej", sagde Bohr, "selvfølgelig tror jeg ikke på det – men jeg har nu sommetider lagt mærke til, at den virker, selv om man ikke tror på den!"

En næsten enslydende version blev trykt året efter i Lolland-Falsters Folketidende [16]. Der er her sandsynligvis tale om en tilbageoversættelse fra engelsk, idet Skibsrederiet J. Lauritzens blad "Lauritzen News" i marts 1956 bragte anekdoten fra "Danmarksposten" i engelsk oversættelse [17], hvilket øjensynligt bragte anekdoten til USA, hvor den dukkede op flere steder i lidt forskellige versioner i 1956 og 1957 [18].

Det er desværre ikke lykkedes at finde en "rygende hestesko" i form af en præcis kilde til anekdotens oprindelse, som vi kender den; men meget taler for, at den skal findes under et af Bohrs besøg i USA i begyndelsen af 1950'erne.

Samuel Goudsmit hævdede at være Bohrs kilde til anekdoten

Den hollandsk-amerikanske fysiker Samuel A. Goudsmit (1902–1976), leder af fysik-afdelingen ved Brookhaven National Laboratory, New York, 1952–60, gav i 1970 i en leder i tidsskriftet *Physical Review Letters* udtryk for, at det var ham, Bohr havde historien fra [19]. Lederens tema var den gode forskers paranoia i form af frygten for, at andre stjæler hans ideer, forsinker hans forsøg, snupper hans resultater og offentliggør dem. Det sidste mente han selv at have været ude for som yngre, hvortil hans lærer havde sagt, at han da bare skulle være stolt over, at han, begynderen, var kommet til det samme resultat som en erfaren, ældre kollega. Sådan følte han det overhovedet ikke. Han kunne desværre

ikke bebrejdede andre, at han var blevet fuppet. I stedet erkendte han blot, at han måtte sidde i uheld, hvilket han siden blev bekræftet i, når han forsøgte lykken i spillekasinoer.

Han tilføjer så: "In my study hangs a fine old horse shoe, which I found in an abandoned Western ghost town. I don't believe in superstitions, but it is supposed to work even for a nonbeliever. It hasn't so far."

Til bemærkningen om, at hesteskoen antages at virke selv for den, der ikke tror på den, har Goudsmit følgende fodnote:

For historians: "This fact was conveyed to me in 1941 by I. Bernard Cohen, the historian of science at Harvard University. I passed it on to Niels Bohr in 1954 when he visited Brookhaven. It is now known as 'Bohr's story'."

Goudsmit mener tydeligvis, at det var ham, der gav Bohr pointen i hestesko-ankedoten under Bohrs besøg i Brookhaven i 1954. Ifølge den bevarede korrespondance var Bohr rigtigt nok på besøg i 1954, øjensynligt i december, men der nævnes desværre ikke noget om nogen hestesko i disse breve [20]. Der er i det hele taget ikke fundet noget fra Bohrs hånd, der refererer til Goudsmits hestesko-fortælling, og det har heller ikke været muligt at opspore noget om Goudsmits tidlige kontakt med I. Bernard Cohen, trods ihærdig korrespondance med flere ældre universitetsprofessorer med tidligere forbindelse til Cohen [21].



Figur 5. Hestesko, som Vilhelm Bohr i sommeren 2016 fandt i sommerhuset.

Gamow fastholdes som Bohrs kilde til anekdoten

Der findes faktisk en brevveksling fra medio november 1954 mellem Gamow og Bohr, hvoraf det af Bohrs brev til Gamow fremgår, at de ved en tidligere lejlighed har talt om, hvad en hestesko kan udrette, om end det ikke fremgår, hvad det er, Bohr refererer til. Gamow havde skrevet til Bohr om sine tanker om mekanismen bag kromosomernes adskillelse under celledeling, hvortil Bohr svarede: "[I] quite see your point, although it will of course demand some inquiry to be sure that it works

better than the horse shoe of which you told me on my last visit to the U.S.A." [20]

Hvor og hvornår, Gamow har fortalt om hesteskoen, samt hvad, han har fortalt, har ikke kunnet dokumenteres, men vi må gå ud fra, at Bohr allerede kendte hestesko-pointen, da han besøgte Brookhaven og fik den fortalt af Goudsmit. Om, og i givet fald hvordan, Bohr kommenterede den, må stå hen i det uvisse.

Hvorom alting er, må man erkende, at en anekdote som denne, bygget op omkring overtro knyttet til en så udbredt genstand som en hestesko, er et typisk eksempel på en vandreakdote, der må være opstået flere gange og forskellige steder, herunder fx formentlig hos I. Bernard Cohen og spøgefuglen Gamow. Uanset hvor Bohr havde anekdoten fra, og hvordan han fortalte den, er den med til at vise hans sans for humor og tankevækkende, sproglige paradokser. Det er jo heller ikke for ingenting, at der verserer en anden historie, hvor Bohr til spørgsmålet om, hvad der er det modsatte af sandhed, svarer: "Klarhed!"

Litteratur

- [1] Lone Bruun, Finn Aaserud og Helge Kragh (red.): "Bohr på ny". Udgivet i samarbejde med Niels Bohr Arkivet på Forlaget Epsilon.dk, København 2013.
 - [2] George Gamow: "Thirty Years that shook Physics", Anchor Books, Doubleday & Company, Inc., New York 1966, s. 57-58. Genfortalt i fri oversættelse af Niels Blædel i hans Niels Bohr-biografi "Harmoni og Enhed", udgivet af Carlsbergfondet, Forlaget Rhodos, København 1985, s. 165.
 - [3] Werner Heisenberg: "Der Teil und das Ganze – Gespräche im Umkreis der Atomphysik", R. Piper & Co. Verlag, München 1969, s. 52. Engelsk udgave (v/ Arnold J. Pomerans): "Physics and Beyond – Encounters and Conversations", Harper & Row, Publishers, Inc., New York 1971, s. 92. Dansk udgave (v/Mogens Boisen): "Del og Helhed – samtaler i atomfysikens periferi", Thaning & Appel, København 1971, s. 98.
 - [4] Jostein Gaarder: "Sophie's world – A novel about the history of philosophy", Farrar, Strauss and Giroux 1995, s. 283. Ifølge Gaarder blev Bohr erstattet med Newton, da bogen blev oversat til engelsk. Årsagen var, at da bogen udkom på dansk i 1992, henvendte en dansker sig med en hårdnakket påstand om, at det var forkert at tillægge Bohr hesteskoen (s. 380), for Bohr fortalte anekdoten om Newton. Det har ikke været muligt at finde ud af, hvem danskeren var, og hvem han henvendte sig til (forlaget, oversætteren eller Gaarder). (Mail-korrespondance med Gaarder, april 2016).
- Gaarder har også brugt Newton-versionen i et indlæg på Nordisk Ministerråds uddannelses- og forskningskonference i Lund, februar 1994, trykt i rapporten "TemaNord 1994:558", s. 18-22.
- [5] Citeret i Haven Whiteside: "Elementary Particles", The Project Physics Course (Directors: Gerald Holton, F. James Rutherford, Fletcher G.

- Watson), Supplemental Unit A, Holt Rinehart and Winston, 1971. Også publiceret i Gerald Holton: "Finding Favor with the Angel of the Lord: Notes toward the Psychobiographical Study of Scientific Genius" i Y. Elkana (ed.): "The Interaction between Science and Philosophy", Humanities Press 1974, s. 357. Papers from a Symposium in the honor of Professor Samuel Sambursky, 1971.
- [6] Oplysning fra forlaget, januar 2019.
- [7] Physical Review Letters, 20. oktober 1969, vol. 23, pp. 930–934 og pp. 935–939.
- [8] 8. Iørn Piø: "Den lille overtro – håndbog om hverdagens magi", Politikens Forlag, København 1973, s. 90.
- [9] Iørn Piø: "Sagn om sandhedskilde", Festskrift til K. G. Kaaber, Årbog for Historisk Samfund for Holbæk Amt, Holbæk 1976, s. 152–153.
- [10] Niels Blædel: "Harmoni og Enhed – Niels Bohr, en biografi", udgivet af Carlsbergfondet på forlaget Rhodos, København 1985, s. 165–166.
- [11] David Favrholt: "Filosoffen Niels Bohr", Informations Forlag, København 2009, s. 166; 2017, s. 184.
- [12] George Gamow: "My World Line – An informal Autobiography", Viking Press, New York (1970).
- [13] Andrew Jackson, e-mail til forfatteren, 22. marts 2018.
- [14] Henning Fonsmark (red.): "Alverdens Anekdoter", Politikens håndbøger nr. 119, Politikens Forlag, København 1956, s. 248–249, jf. også Bagsiden på Politiken 7. oktober 1956.
- [15] "Danmarksposten" juli 1955, s. 13. "Danmarksposten" var et månedsblad for danskere i udlandet, udgivet af "Dansk Samvirke". Bladet er siden afløst af månedsskriftet "Danes – Magasinet for Globale Danskere", der udgives af foreningen Danes Worldwide.
- [16] "Lolland-Falsters Folketidende", den 31. august 1956, sidste side. Avisudklip i Niels Bohr Arkivet.
- [17] J. Lauritzen News, March 1956, p. 24. Kopi i Niels Bohr Arkivet.
- [18] quoteinvestigator.com/2013/10/09/horseshoe-luck/
- [19] S. A. Goudsmit: Editorial, Physical Review Letters, 1970; vol. 25 (7), 17. august, s. 419–420.
- [20] Bohr Scientific Correspondence, Niels Bohr Arkivet (www.nbarchive.dk).
- [21] E-mail-korrespondancer 2017 med Robert P. Crease, John Heilbron, Gerald Holton, Everett Mendelsohn og George E. Smith.
- Seniorarkivar Felicity Pors, Niels Bohr Arkivet, takkes for stor hjælp, interesse – og tålmodighed – under udredningen af hestesko-anekdotes baggrund. Jeg takker ligeledes Vilhelm Bohr for kommentarer samt hesteskofoto og Niels Bohr Arkivet for at have stillet fotografier til rådighed samt alle de mange andre, der har taget sig tid til at svare på mine henvendelser.



Søren Nørby er cand.med. og lic.scient. (genetik). Indtil 2000 var han lektor ved Københavns Universitet (Inst. for Biokemisk Genetik, Arvebiologisk Inst., Retsgenetisk Inst., og Antropologisk Lab./Retsmedicinsk Inst.). Fra 2000–2004 redaktør af Klinisk Ordbog, 16. udg., forlaget Munksgaard.

Kommende foredrag

Dato	Tid	Foredragstitel	Foredragsholder	Forening
April				
8/4	19.15	Miyake-begivenheder	Christoffer Karoff	AS (Aarh)
8/4	19.30	Vores nye Jupiter som observeret fra Juno	John Leif Jørgensen	SNU
		Efter foredraget afholdes generalforsamling		
27/4	12.00	Generalforsamling	Astronomisk Selskab	AS
29/4	19.15	Den kosmiske baggrundsstråling	Michael J.D. Linden-Vørnle	AS (Kbh)
Maj				
6/5	19.15	Den kosmiske baggrundsstråling	Michael J.D. Linden-Vørnle	AS (Aarh)
6/5	19.30	Biologi i rummet	Christina Toldbo	SNU
27-28/5		Årsmøde	Dansk Fysisk Selskab	DFS

AS (Kbh): Astron. Selskab (Kbh), Aud. 2, H.C. Ørsted Institut, Universitetsparken 5, 2100 København Ø (astronomisk.dk).
AS (Aarh): Astron. Selskab (Aarh), Matematisk Institut, AU, Ny Munkegade 118, Bygn. 1530, Aud.F/G122, 8000 Aarhus C.
SNU: Aud. 1, H.C. Ørsted Institut, Universitetsparken 5, 2100 København Ø (naturvidenskab.net, facebook.com/SNU1824).
 Læs mere om generalforsamlingen i AS og årsmødet i DFS under Foreningsnyt side 34.

Den danske Lorenz

Anja Skaar Jacobsen, Københavns VUC

Det er ukendt for mange, at Danmark i 1800-tallet havde en betydningsfuld og internationalt anerkendt teoretisk fysiker ved navn Ludvig Valentin Lorenz (1829–1891). Hans vigtigste bidrag var inden for optikken og elektrodynamikken. Hans navn forveksles ofte med den samtidige og langt mere kendte hollandske fysiker og senere nobelpristager, Hendrik Antoon Lorentz, som tilmed arbejdede inden for de samme områder af fysikken som den danske Lorenz. Årsagen til forvekslingen er dels navne-sammenfaldet, dels at den danske Lorenz er ret ukendt, og dels misforståelser i forhold til prioriteten af en række videnskabelige opdagelser. Det er derfor på sin plads, at der kastes nyt lys over den betydningsfulde, men ofte glemte, danske Lorenz i form af en biografi, skrevet af Helge Kragh [1]. Biografien bør stå på enhver dansk fysikers hylde. Der findes en anden biografi om Lorenz, skrevet på tysk af fysikhistorikeren Mogens Pihl helt tilbage i 1939. Derudover findes der en række artikler af Kragh, Pihl og andre fysikhistorikere om Lorenz' forskellige fysiske arbejder, alle nævnt i bogens omfattende bibliografi. Kraghs biografi er skrevet på engelsk for at udbrede kendskabet til Lorenz ikke bare i Danmark men også blandt fysikhistorikere internationalt.

Bogen er primært en videnskabelig biografi, dvs. den handler først og fremmest om Lorenz' videnskabelige og teknologiske arbejder, og det synes også at være det mest interessante ved ham. Lorenz var den første egentlige matematiske fysiker i Danmark, for der var på det tidspunkt ingen tradition i Danmark for matematisk fysik. Tværtimod cementerede den magtfulde H. C. Ørsted sin ikke-matematiske tilgang til fysikken gennem sin efterfølger på universitetet og den Polytekniske Læreanstalt, C. V. Holten. Lorenz fulgte bl.a. Ørsteds forelæsninger i fysik og kemi på den Polytekniske Læreanstalt og var matematisk autodidakt. Der skulle et studieophold i Paris til at omvende Lorenz til matematisk fysik. På det tidspunkt var Lorenz omkring 30 år gammel. Han fik sin første stilling på den Kongelige Militære Højskole som 35-årig og blev, som 37-årig, medlem af det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab. Som 58-årig fik han tildelt Carlsbergfondets livslange støtte, som blev givet til "Mænd af anerkendt Dygtighed", hvilket gav ham mulighed for at forske på fuld tid (Niels Bohr modtog dette stipendium i 1924).

Hvis man ser bort fra Lorenz' videnskabelige arbejder, giver biografien et indtryk af ham som en usædvanlig kedelig mand: En introvert og sky, selvlørt videnskabsmand uden ambitioner; en ikke særlig god studerende og en uinspirerende lærer. Han havde ingen vennekreds og tog ikke del i det københavnske sociale liv. Ægteskabet med den smukke Agathe Fogtmann i 1862 beskrives i en enkelt sætning. Der er intet om, hvordan de mødtes eller deres barnløse liv sammen. Det sidste skyldes, ifølge Kragh, at der ikke længere

findes arkivmateriale til den del af Lorenz og Agathe Fogtmanns liv. Til gengæld spænder biografien bredt over Lorenz' forskelligartede videnskabelige bidrag; fra den rene matematiske fysik til de eksperimentalfysiske opdagelser og endelig til Lorenz' teknologiske opfindelser. Kragh bevæger sig elegant og ubesværet mellem de forskellige fagområder, som optog Lorenz, og Kragh får samtidigt sat Lorenz' bidrag ind i den rette fysik- og kemihistoriske kontekst i det 19. århundrede. Kragh er måske den eneste, der er i stand til at spænde så vidt, og biografien hænger derfor rigtig godt sammen. Bogen indeholder bonusmateriale i form af tre meget interessante tekster fra Lorenz' egen hånd: en upubliceret selvbiografi skrevet af Lorenz i 1877; en kort, upubliceret forelæsningsnote om matematikkens betydning for den del af fysikken, hvor sanserne ikke rækker, dvs. i beskrivelsen af lys, varme, elektricitet, magnetisme samt stofs atomare opbygning. Endelig er der en artikel fra 1867 om Lorenz' elektriske teori for lys.



Figur 1. Ludvig Valentin Lorenz (1829–1891)

I optikken har Lorenz slået sit navn fast med Lorenz-Lorentz-loven og Lorenz-Mie-spredning. Lorenz fremsatte i 1863 en elastisk lysteori, og på den baggrund udledte han en brydningslov, der viser sammenhængen mellem brydningsindeks og densiteten af stof. Lorenz publicerede denne lov i 1875. Den hollandske fysiker H. A. Lorentz udledte den samme lov i 1878, men ad en anden vej. Kragh argumenterer for, som andre før ham, at loven bør kaldes Lorenz-Lorentz-loven, men historisk blev rækkefølgen af de to fysikers navne vendt om i takt med den stigende berømmelse af den hollandske Lorentz i starten af det 20. århundrede. Formlen nævnes således også som Lorentz-Lorenz-formlen i Jan W. Thomsens forelæsningsnoter: *A First Course in Optics* [2]. I 1890 udviklede Lorenz en matematisk teori for spredning af lys på en gas af kugleformede molekyler. Med teorien bestemte han som en af de første en værdi

for det, vi i dag kalder Avogadros konstant ved at se på sollysets spredning i atmosfæren. Lorenz' teori er i det store hele ækvivalent med en teori fremsat af Gustav Mie i 1908, hvorfor teorien i dag kaldes Lorenz-Mie-spredning.

Lorenz gik sine egne veje. For eksempel troede han ikke på, at varme kan associeres med molekylerne bevægelse, og han troede heller ikke på en lysæter. At lysbølger krævede et medium i form af en æter til sin udbredelse, var ellers den dominerende opfattelse på den tid. Navnlig byggede J. C. Maxwells elektromagnetiske teori fra starten af 1860'erne på den antagelse. Lorenz fremsatte i 1867 en elektrodynamisk teori for lys, der var baseret på idéen om, at lys' vibrationer var identiske med elektriske strømme. Lorenz var ikke bekendt med Maxwells teori. Han var i stedet inspireret af Gustav Robert Kirchhoffs teori om elektriske strømme, som han kombinerede med sin egen elastiske teori for lys. I erkendelsen af, at lys og elektriske virkninger har en endelig udbredelseshastighed, som, han fandt, var meget tæt på lysets fart, indførte Lorenz som den første brugen af såkaldt retarderede potentialer i elektrodynamikken. De retarderede potentialer (i vakuum) kan med nutidig notation skrives som:

$$\phi(\mathbf{r}, t) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\rho(\mathbf{r}', t')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} dv' \quad (1)$$

og

$$\mathbf{A}(\mathbf{r}, t) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{\mathbf{J}(\mathbf{r}', t')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} dv' \quad (2)$$

hvor t' er den retarderede tid: $t' = t - |\mathbf{r} - \mathbf{r}'|/c$. Potentialerne afspejler, at det elektromagnetiske felt i punktet $\mathbf{r}$ til tidspunktet t er forårsaget af strøm- og ladningskilder ($\mathbf{J}(\mathbf{r}', t')$ og $\rho(\mathbf{r}', t')$) i et andet punkt i rummet $\mathbf{r}'$ på et tidspunkt i fortiden t' . Tidspunktet t' er netop retarderet i forhold til t med den tid, det har taget at rejse fra kilden til feltpunktet $\mathbf{r}$ med lysets fart c . I fastlæggelsen af ovennævnte potentialer indførte Lorenz den betingelse, der nu bærer hans navn: Lorentz-gauge, som senere blev vist at være relativistisk invariant. Dvs. at denne gauge gælder i alle inertialsystemer, og den er dermed i overensstemmelse med relativitetsteorien. Maxwell benyttede i stedet betingelsen, som er kendt som Coulomb-gauge. Pudsigt nok kaldes en relativistisk invariant teori – og denne gang retmæssigt – også for en Lorentz-invariant teori. Det skyldes, at man anvender Lorentz-transformationen som forbindelsen mellem inertialsystemerne.

Kragh kortlægger i store detaljer, hvordan Lorenz' elektrodynamiske teori blev modtaget blandt datidens fysikere, inkl. Maxwell. Han diskuterer de mulige årsager til, at Lorenz' teori, på trods af international interesse og almen anerkendelse, hurtigt blev glemt, endda tilsyneladende af Lorenz selv, og at det alene blev Maxwells teori, der overlevede til i dag. Kragh vover dog ikke en forenklet årsagsforklaring. At Lorenz ikke selv promoverede sin teori, udover at han publicerede den internationalt, har uden tvivl haft betydning for kendskabet til den. At Maxwell kritiserede Lorenz' teori, har sikkert også haft stor betydning. Dertil kommer, at de magnetiske virkninger ikke nævnes explicit i Lorenz' teori, og at vektorpotentialer altså ikke

associeres med det magnetiske felt. Sandsynligvis var det også en medvirkende årsag, at fysikerne sent i det 19. århundrede var optagede af at studere lysæterens egenskaber, og æterens fysik var stort set synonym med Maxwells elektrodynamik.

Udover at være en eminent matematisk fysiker, var Lorenz også en fremragende eksperimentalfysiker, og parallelt med de teoretiske udledninger lavede han præcisionseksperimenter med optisk brydning og til bestemmelse af metallers specifikke termiske og elektriske modstand. Lorenz nåede frem til, at forholdet mellem et metals varmeledningsevne og elektriske ledningsevne er proportionalt med den absolutte temperatur; en empirisk lov, der refereres til som Wiedeman-Franz-Lorenz-loven, da Gustav Wiedeman og Rudolph Franz før Lorenz fandt proportionaliteten ved stuetemperatur. Lorenz' bidrag til denne lov er altså temperaturafhængigheden, og proportionalitetsfaktoren kaldes Lorenz-tallet.

I 1873 publicerede Lorenz, hvad der senere blev til Lorenz-metoden til bestemmelsen af modstandsenheden ohm. Ohm blev på det tidspunkt (og indtil 1948) fastlagt ud fra en kviksølvsløjle med faste dimensioner (betegnelsen Ω blev fastlagt i 1867 baseret på den fonetiske lighed mellem ordene ohm og omega). Lorenz udviklede et genialt apparat, der involverede en roterende kobberplade omsluttet af en spole i kredsløb med den kviksølvsløjle, der skulle måles på. Ved at variere rotationshastigheden af kobberpladen kunne man finde det punkt, hvor den skabte, elektromotoriske kraft over kobberpladen balancerede spændingsfaldet over kviksølvsløjlen. Lorenz' metode blev efterfølgende den industrielle standardmetode i England. Blandt Lorenz' teknologiske bidrag kan også nævnes den bemærkelsesværdige elektromagnetiske dynamo, som han konstruerede i samarbejde med instrumentmageren Christopher Peter Jürgensen i 1880. Dynamoen, der havde en virkningsgrad på 97%, fik guldmedalje på den første internationale elektricitetsudstilling i Paris i 1881, men den blev aldrig sat i produktion.

Desværre nåede Lorenz ikke at få megen glæde af sit livslange Carlsberg-stipendium. Han var kun 62 år gammel, da han døde af et hjerteanfald.

Litteratur

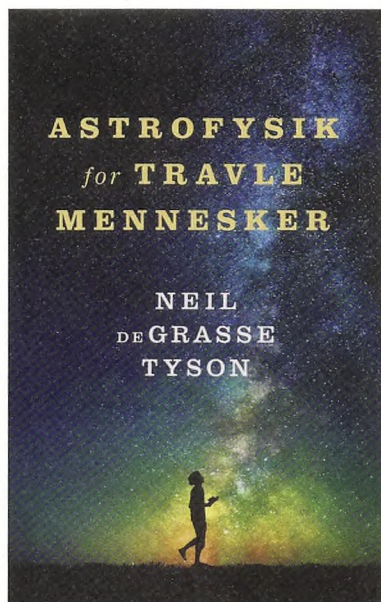
- [1] Helge Kragh (2018) *Ludvig Lorenz. A Nineteenth-Century Theoretical Physicist*, Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, 280 s.
- [2] Jan W. Thomsen (2010) *A First Course in Optics*, The Niels Bohr Institute, s. 35.



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 forsknings-projekt: History of Interpretations of Quantum Mechanics.

Aktuelle bøger

Af John Rosendal Nielsen og Jeppe Willads Petersen



Astrofysik for travle mennesker

Neil deGrasse Tyson, "Astrofysik for travle mennesker", (Oversat af Henry Nørgaard), 2018, Gyldendal, 224 sider, 199,95 kr. (vejl.).

"Astrofysik for travle mennesker" er skrevet af den kendte formidler af naturvidenskab Neil deGrasse Tyson, som også har sin egen podcast, StarTalk, og optræder i Netflix-serien "Kosmos: En rejse i tid og rum" samt har været gæst i The Daily Show – de to sidstnævnte kendes også fra DR. Der kan således næppe herske tvivl om, at vi her har at gøre med en person, som forstår at forklare og videregive komplicerede naturvidenskabelige opdagelser og problemer i et let tilgængeligt sprog til glæde for det store flertal. Det var derfor med store forventninger, at jeg gav mig i kast med at læse "Astrofysik for travle mennesker".

Bogen består af tolv kapitler, der hver især er baseret på en række essays, som Neil deGrasse Tyson har skrevet i tidsskriftet Natural History i en periode på ca. ti år – fra 1997 til 2007. Hvert kapitel beskriver et emne inden for kosmologi og astrofysik, og emnerne strækker sig fra det store spørgsmål om, hvordan universet er blevet skabt, til hvordan Jorden ville være som exoplanet. I dette kapitel laver Tyson et tankeeksperiment: Hvad ville en civilisation på en planet ved en anden stjerne kunne observere, hvis man ledte efter planeter i vores solsystem og skulle afgøre, om der var liv. Det er et interessant tankeeksperiment, men diskussionen er begrænset af antagelsen om, at de fremmede fra den anden planet har samme teknologi og sanser som vores, hvilket er tvivlsomt.

De andre emner, som Tyson beskriver i de øvrige kapitler, er blandt andet mørkt stof, de universelle naturlove, mørk energi og hvilke typer af elektromagnetisk

stråling, vi kan observere i dag. Det er ikke kun synligt lys, som vi kan observere fra universet. Der er røntgenstråling, radiobølger og mange andre typer – afhængigt af strålingens bølgelængde. Et særlig interessant kapitel handler om at være rund. I universet er rigtigt mange objekter kugleformede (eller tilnærmelsesvis kugleformede), og der er også en del objekter, som ikke er kugleformede – eksempelvis marsmånerne Phobos og Deimos. I denne beskrivelse af de kugleformede objekter kommer Tyson ind på fysiske begreber som overfladegravitation og overfladespænding, hvilket han gør meget overbevisende.

I det sidste kapitel introducerer Tyson det kosmiske perspektiv. Det er et usædvanligt kapitel, der indeholder filosofiske overvejelser over, hvorfor forskere skal studere universet. Det er måske lidt malplaceret i en bog med et naturvidenskabeligt mål for øje... og så alligevel ikke. Kapitlet skal formentlig ses i lyset af, at naturvidenskaben i navnlig USA har været under pres fra såvel religiøse som filosofiske anskuelser. I dén henseende giver kapitlet god mening.

Bogen er imidlertid ikke helt uden mangler. Der er ingen illustrationer eller fotos i "Astrofysik for travle mennesker". Det er et stort savn, da billeder kan være gode til at underbygge forklaringerne. Tysons formuleringer og fortællinger er der til gengæld ikke noget i vejen med. "Kvarker er nogle finurlige små bæster", er bare én af mange måder, hvorpå forfatteren udtrykker sig, og jeg synes, at den danske oversættelse er ganske vellykket. Man kan næsten genkende hans måde at beskrive naturvidenskab på. Bogen kan således anbefales som en introduktion til den astrofysiske forskning, og man kan håbe på, at læserne får lyst til at læse mere om astrofysik.

JRN

FysikABbogen 2 (Læreplan 2017)

Finn Elvekjær og Torben Benoni, 5. udgave, 2018, Systime, 495 sider, 495 kr.

Den nye 5. udgave af FysikABbogen 2 er opdateret til 2017-reformen, men har derudover også fået et veludført løft på andre punkter. Nye afsnit, nye og mere konsekvente formuleringer, en facitliste og en ny prissætning er alt sammen med til at give et positivt helhedsindtryk. Forlaget Systime har to forskellige bogserier i fysik. Orbit er den ældste og nok også den mest omfattende. FysikABbogen er den nyere med typisk mere kortfattede gennemgange. Figurerne i FysikABbogen er generelt set også mere stiliserede end i Orbit.

FysikABbogen har alt, hvad man forventer af en klassisk lærebog i fysik. Kapitlerne dækker alle dele af kernestoffet på A-niveau, og der er også blevet plads til ét om relativitetsteori. Hvert afsnit slutter med et

resumé, hvor et regneeksempel gennemgås, nogle få opgaver (nu med facitliste) og i nogle tilfælde også et forsøg eller to. Har man ikke nok opgaver i afsnittet, er der flere opgaver sidst i bogen, dog uden facitliste.

En matematisk svag elev vil nok have svært ved at læse bogen, da der er så stor vægt på den matematiske beskrivelse af fysikken. At man har valgt at lave et bogsystem, der passer til både A- og B-niveau på samme tid, er i denne henseende en hæmsko, da det primært er på A-niveau, eleverne har behov for så grundig en matematisk forståelse.



Med 2017-reformen blev kernestoffet i fysik ændret en lille smule. Der skete én tilføjelse (sensorer), to ændringer (kuglesymmetriske ladninger i stedet for punktladninger og eksempler på magnetiske felter) og to elementer blev fjernet (det kosmologiske princip, ligesom stød gik fra to dimensioner til én). Derfor er det ikke overraskende, hvor lidt der er ændret i de reformklare fysikbøger. Det kosmologiske princip er fortsat med i FysikABbogen 2, og det samme gælder for stød i to dimensioner. Der er tilføjet et nyt velskrevet afsnit om sensorer. Ordet kuglesymmetrisk optræder ikke i bogen (det gør punktladning dog).

Udover det nye afsnit om sensorer har luftmodstand også fået sit eget afsnit ligesom arbejde under en varierende kraft. Et noget filosofisk afsnit om ormehuller og tidsrejser er skiftet ud med et om gravitationsbølger, der på fin vis binder flere af de øvrige kapitler sammen som afslutning på bogen.

Af øvrige ændringer kan det nævnes, at enkelte afsnit og et kapitel har ændret navn, men ikke indhold. En formentlig ubrugt regressionsfunktion er fjernet, og ordet spændingsforskel er konsekvent ændret til spændingsfald. Teksten om AT har fået overskriften fagligt samspil i stedet. I den tilhørende tekst er den eneste forskel, at universet er blevet 100 millioner år ældre. FysikABbogen 2 findes i tre udgaver: en iBog, en e-Bog og en papirbog (p-Bog?). Det er helt klart iBogen, man satser på at sælge. Kun med iBogen har man adgang til de 40 simuleringer, videoer og animationer. Det ligger selvfølgelig i navnet, at iBogen er interaktiv, men links til videoer (som flere steder er eksterne) kunne være indsat i både e-Bogen og p-Bogen, evt. som QR-koder. Ved køb af en licens til iBogen følger e-Bogen automatisk med. Sidstnævnte skal downloades i PDF-format inden for licensperioden af iBogen, men er så tilgængelig uden tidsbegrænsning. For at åbne e-Bogen indtastes en personlig kode. Min personlige erfaring er, at elever har svært ved dette, men klarer det.

p-Bogen har fået et nyt, mindre format end tidligere udgaver, hvilket primært betyder, at den store margen er forsvundet. Resultatet er en tekst, der virker meget kompakt, men rigt illustreret. Man har også valgt at skifte papirtype og farver. Således er man gået fra FSC-mærket til Svanemærket, og farverne virker noget mere matte.

Licenser til iBogen ligger på mellem 70 og 264 kroner afhængigt af, hvor længe de skal vare (fra 3 måneder til 3 år). Med licensen følger også FysikABbogen 1. FysikABbogen 1 kan købes individuelt som iBog i modsætning til FysikABbogen 2. Her er prisen en smule lavere. Endnu et alternativ er at købe adgang til hele fagpakken hos Systime gennem iBiblioteket. Her er prisen 80 kroner per år. Det kan altså være lidt af et regnestykke at finde ud af hvad, der giver bedst mening at investere i. p-Bøgerne koster 340 og 360 kroner for henholdsvis FysikABbogen 1 og 2. Alle priser er uden moms.

FysikABbogen 2 er for dyr som p-Bog, hvis der skal købes klassesæt. 700 kroner for et bogsystem er simpelthen for meget, når der findes konkurrerende bøger som BasisFysik B til den halve pris eller Orbit fra samme forlag til 430 kroner. Som e-/iBog vil jeg foretrække den frem for Orbit. Dette er betragtet som B-niveaubog. Til A-niveau vil FysikABbogen være mit førstevalg.

JWP

Korrektion af korrektion

En fortsat opmærksom læser har påpeget, at korrektionen i forrige nummer af KVANT til artiklen "G-2-eksperimentet – den mest nøjagtige test af kvanteelektrodynamikken" skal korrigeres. Den korrekte formel for størrelsen af impulsvektoren skal være:

$$\sqrt{\frac{E^2}{c^2} - m^2 c^2}. \quad (1)$$

Accent grave

En anden opmærksom læser påpeger, at i KVANT-nyheders historie om "Nye definitioner" er det nævnt, at prototypen på et kilogram siden 1899 har været opbevaret i Sévres. Valget af accent i stednavnet er desværre galt, og det korrekte navn er Sèvres.

Af Christine Pepke Gunnarsson, KVANT



Dinosaurernes uddøen

GEOFYSIK. Det har i noget tid været diskuteret, hvad der var grunden til dinosaurernes uddøen for 66 millioner år siden; var årsagen meteoren, der slog ned på Yucatánhalvøen og efterlodte Chicxulub-krateret, eller var det klimaforandringerne, der opstod som følge af en række kraftige vulkanudbrud i Deccan Traps i Indien. Nu har forskere fra to uafhængige grupper dateret vulkanudbruddene med forskellige teknikker, og begge grupper er kommet frem til, at vulkanudbruddene fandt sted på omkring det samme tidspunkt som asteroidenedslaget. De undersøgte prøver fra asteroidenedslaget og fra vulkanudbruddene viser, at begge begivenheder skete inden for 50.000 år af hinanden, hvilket på geologisk tid vil sige på samme tidspunkt.

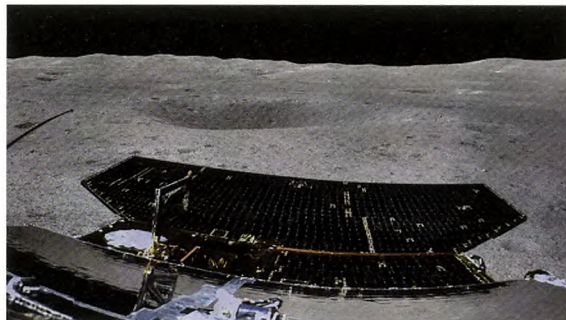
Den ene forskergruppe (Schoene m.fl.) daterede udbruddene ved at se på henfaldet af uran til bly i zirkonkrystaller, mens den anden forskergruppe (Sprain m.fl.) brugte Ar-40/Ar-39-datering. I zirkonkrystallerne findes der uran, men ikke bly, og derfor kan man antage, at alt bly fundet i zirkon er radioaktivt henfald af uran. Ved at finde forholdet mellem bly og uran i zirkon kan alderen af krystallen derfor bestemmes. Ar-40/Ar-39-datering går ud på at bestråle prøven med neutroner for at omdanne kalium K-39 til det radioaktive Ar-39 samtidig med, at en referenceprøve af kendt alder bestråles. Derefter måles Ar-indholdet, og forholdet mellem K-40 og Ar-40 udregnes, og derefter kan alderen af prøven bestemmes.

De to grupper er ikke helt enige om det præcise tidspunkt for vulkanudbruddene, men de er enige om, at udbruddene skete tæt på tidspunktet for meteornedslaget. Vulkanudbruddene skabte store klimaforandringer, da de frigav mange drivhusgasser såsom metan og kuldioxid, der opvarmer Jorden, men også svovlaerosoler, som køler Jorden. Selve asteroidenedslaget ville sende støv ind i atmosfæren og blokere sollyset fra at nå Jorden, som ville blive afkølet, og dinosaurerne ville uddø som følge af nedkølingen.

Sprain m.fl. mener, at asteroidenedslaget kan have sat vulkanudbruddene i gang, men det er Schoene m.fl. ikke enig i. Sprain m.fl. mener, at asteroidenedslaget var så kraftigt, at det kan have sat gang i voldsomme rystelser i Jorden, hvilket har startet vulkanudbruddene. Faktisk var Deccan Traps i Indien placeret næsten direkte modsat af asteroidenedslaget i Det Caribiske Hav. Desuden var der her lagret en del magma, og forskerne mener, at det blev sat i bevægelse opad efter asteroidenedslaget. Det begrundes de ud fra den kemiske sammensætning af lavaen, som var forskellig før og efter asteroidenedslaget, hvilket kunne skyldes, at lavaen efter nedslaget bevægede sig meget hurtigt op.

Det er altså stadig ikke opklaret, hvad der var den egentlige grund til dinosaurernes uddøen, men vi har fået dateret de to vigtige begivenheder mere præcist end før. Derudover tyder dét, at de skete samtidigt, på, at de begge havde en indflydelse på dinosaurernes liv.

Kilder: Sprain m.fl.: The eruptive tempo of Deccan volcanism in relation to the Cretaceous-Paleogene boundary, *Science* (2019), bind 363, nr. 6429, side 866–870, DOI: 10.1126/science.aav1446 & Schoene m.fl.: U–Pb constraints on pulsed eruption of the Deccan Traps across the end-Cretaceous mass extinction, *Science* (2019), bind 363, bind 6429, side 862–866, DOI: 10.1126/science.aau2422



Første landing på Månens mørke side

ASTROFYSIK. Kineserne landede den 2. januar en rumsonde på Månens "mørke" side (dvs. den side, der altid vender væk fra Jorden). Det er første gang, der er landet en sonde her, og sonden har sendt spektakulære billeder tilbage. Sondens Chang'e-4 er opkaldt efter den kinesiske månegudinde Chang'e og er den 4. sonde i en række rumekspeditioner, som Kina har haft. Med sig har Chang'e-4 en bil (rover), Yutu 2, opkaldt efter månegudindens kæledyr. Bilen skal køre rundt og udforske Månen.

Månen har en "mørk" side, der altid vender væk fra Jorden, da Jordens tidevandskræfter bremser Månens rotation så meget, at den bliver "låst" i positionen omkring Jorden. Da det tager Månen den samme tid at rotere omkring sin egen akse, som det tager den at rotere rundt om Jorden, ser vi altid den samme side af Månen fra Jorden.

Chang'e-4 vil lave astronomiske undersøgelser med bl.a. solvinden og udnytte, at denne måneside ikke er forstyrret af støj fra Jordens atmosfære og fx menneskeskabte elektromagnetiske bølger. Desuden vil sonden undersøge overfladen for at lære mere om den geologiske sammensætning, som menes at være anderledes fra den måneside, der vender mod Jorden. Men da sonden vender væk fra Jorden, må den kaste data mod en satellit for at få det til Jorden.

Endvidere medbringer sonden bomuldsfrø i en lufttæt beholder, der også indeholder vand, jord og luft. Sondens har udstyr med, som kan lede lyset fra Månens overflade ned på frøene, så de kan lave fotosyntese, og håbet er, at planterne kan vokse og udsende oxygen. En lille plante er da også allerede begyndt at spire, viser kameraer. Sondens medbringer også rapsfrø, kartofler og silkeorme, som skal leve af planterne og udånde CO₂. Kineserne vil gerne plante frø på Månen, men en udfordring ved det er temperaturerne, der varierer meget fra over +100°C til under -100°C, afhængigt af om Solen skinner eller ej. Sondens har faktisk netop målt den laveste temperatur på Månen til -190°C, hvilket er lavere end forskerne forventede, og kan skyldes de mange små kratere, der ikke kan nås af solstrålerne.

Kineserne har planer om en Chang'e-5-sonde til næste år, der skal tage prøver med tilbage til Jorden, og de vil bruge eksperimenterne for i fremtiden at bygge en månebase.

Kilde: phys.org

200-året for elektromagnetismen

I 2020 er det 200 år siden, H. C. Ørsted opdagede elektromagnetismen, og i den anledning har Selskabet for Naturlærens Udbredelse (SNU) indgået et samarbejde med energiselskabet Ørsted for at øge kendskabet til H. C. Ørsted, hans epokegørende opdagelser og deres betydning for det moderne liv.



Guldmedalje uddeles for første gang i 30 år

Med støtten fra Ørsted kan SNU uddele H. C. Ørsted-guldmedaljen for første gang siden 1989. Medaljen uddeles til en person, som har gennemført forskning i verdensklasse inden for fysikken eller kemiens områder, og der medfølger et rejselegat på 75.000 kr.

Guldmedaljen vil blive uddelt til oktober og dernæst endnu en gang i 2020 i selve 200-året for Ørsteds opdagelse af elektromagnetismen.

Den ene medalje skal gå til en kemiker, den anden til en fysiker. Medaljen uddeles i samarbejde med Videnskabernes Selskab, og man kan læse mere om guldmedaljen på www.naturlaeren.dk.

H.C. Ørsted-gymnasielærermedaljen

Ørsted støtter samtidig uddelingen af H.C. Ørsted bronzemedaljen til særligt inspirerende gymnasielærere inden for naturvidenskab og teknologi. Med medaljen følger fra 2019 et rejselegat på 25.000 kr. til modtageren og et beløb på 50.000 kr. til et projekt på skolen i forbindelse med undervisningen. Medaljen uddeles næste gang i december 2019.

Det er allerede nu muligt at indstille gymnasielærere til bronzemedaljen ved at sende en motiveret indstilling til snu@naturvidenskab.net. Indstillingen lukker 15. oktober.

Ny medalje til inspirerende grundskolelærere

SNU sætter fra i år også fokus på den vigtige formidling i grundskolen ved en årlig uddeling af H. C. Ørsted-medaljen i bronze til inspirerende grundskolelærere inden for naturvidenskab og teknologi. Det nye initiativ støttes af firmaet Haldor Topsøe A/S, som til medaljen knytter et rejselegat på 50.000 kr. Medaljen uddeles første gang den 6. maj til lærer Jeannette Overgaard Madsen fra Asgård Skole i Køge, som blev indstillet af sine elever fra 9. årgang. Jeannettes virke har givet flotte resultater for skolen, og hendes 9. klasse fik fx i 2018 det højeste gennemsnit i Køge Kommune.

Generalforsamling i Astronomisk Selskab

Astronomisk Selskab (AS) indkalder til ordinær generalforsamling på Ole Rømer Observatoriet i Aarhus, lørdag den 27. april 2019, kl. 12-17. Selve generalforsamlingen afholdes kl. 13.30-15.30.

På generalforsamlingen stiller den nuværende formand Majken Christensen op til genvalg. Til bestyrelsen genopstiller Julie Søgaard, der er nuværende kasserer og grundlægger af "Kosmosklubben – astronomi for børn", samt Michael Quaade.

Derudover stiller astronom Christina Toldbo og astronom Andreas Kjær Dideriksen op til bestyrelsen. Christina Toldbo har tidligere arbejdet hos European Space Agency (ESA) i Holland, og Andreas Dideriksen er astronomiformidler på Ole Rømer Observatoriet i Aarhus.

Program:

Kl. 12-12.45 Foredrag af astronom og AS-bestyrelseskandidat Andreas Kjær Dideriksen, Aarhus.

Kl. 12.45-13.30 Frokost

Kl. 13.30-15.30 Generalforsamling

Kl. 15.30-16.30 "Mennesker i rummet", foredrag med astronom og AS-bestyrelseskandidat Christina Toldbo, København

Kl. 17 Tak for i dag

Alle medlemmer kan deltage i generalforsamlingen, men af hensyn til frokost bedes man tilmelde sig inden den 15. april via mail til majken@astronomisk.dk. Dagsorden for generalforsamlingen kan ses på selskabets hjemmeside astronomisk.dk.

Einsteins breve fundet i Astronomisk Selskabs arkiv

Under en gennemgang af AS' gamle arkiver har en unik brevveksling fra 1920 mellem Albert Einstein og selskabets daværende formand, Elis Strømgren, set dagens lys. Einstein var inviteret til Danmark af AS i forbindelse med sin nye teori – den generelle relativitetsteori, og brevvekslingen skete forud for Einsteins foredrag den 25. juni 1920 i København.

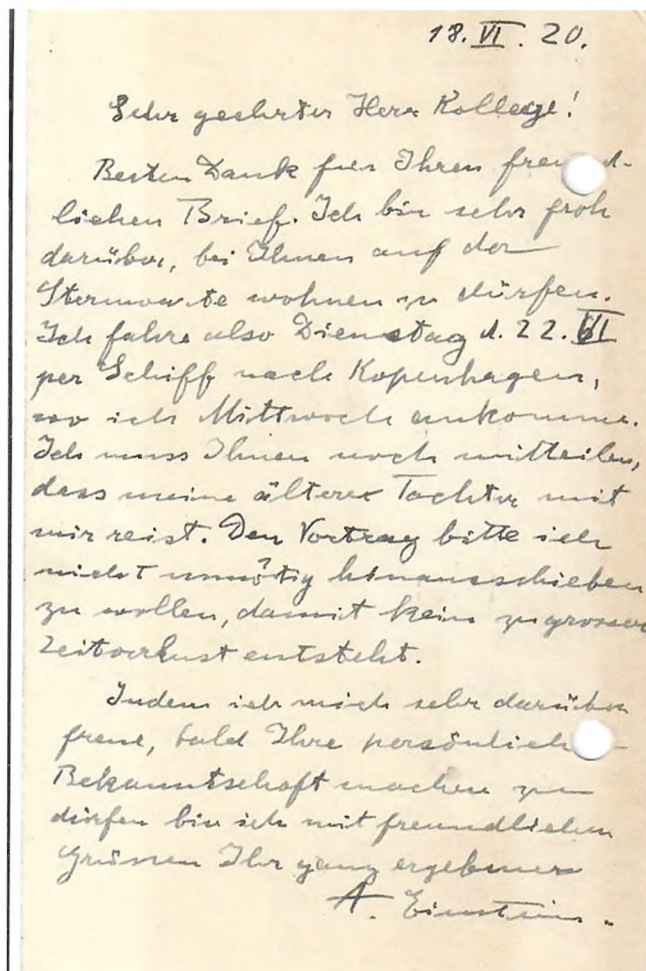


Figur 1. Postkort fra Einstein.

Formand for AS, Majken Christensen, er ovenud begejstret for det historiske fund: "Vi blev mildt sagt overraskede, da vi under gennemgangen af vores arkiver

støder på både håndskrevne og maskinskrrevne breve, et postkort og telegrammer underskrevet af selveste Albert Einstein. Et helt unikt nedslag i videnskabshistorien og den samtid brevvekslingen foregik i" siger hun.

Under brevvekslingen kommer det frem, at Einstein, som i øvrigt formulerer sig yderst høfligt, bliver inviteret til at bo hos Strømgren eller på observatoriet i forbindelse med sit besøg. Einstein understreger dog på det kraftigste, at han ikke ønsker at være til last.



Figur 2. Brev fra Einstein.

I brevvekslingen, der foregår på tysk, takker Einstein også for "den venlighed, som du (Strømgren) har lettet de lokale grupper arbejde ... ved mæglingstjenester under krigen", altså 1. Verdenskrig.

Astronomisk Selskab arbejder nu på at gøre Einstein-dokumenterne tilgængelige digitalt i en høj opløsning, så alle interesserede får mulighed for at dykke ned i dem.

Årsmøde i Dansk Fysisk Selskab

Dansk Fysisk Selskab (DFS) afholder sit årsmøde den 27.-28. maj 2019 på "Sund & Skov"-konferencecenter ved Middelfart. Der vil igen i år være fokus på vækstlaget i dansk fysikforskning, med en række inviterede foredragsholdere, der vil fortælle, hvad der netop nu rører sig i dansk fysik.

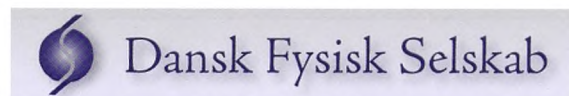
Blandt de inviterede foredragsholdere er

- Joao Mendonca, DTU Space
- Pernille Klarskov Pedersen, Aarhus Universitet
- Dirch Hjorth Pedersen, DTU Nanotech
- Markus Ahlers, KU-NBI
- Jonathan Bohr Brask, DTU Fysik
- You Zhou, KU-NBI
- Hugh Simons, DTU Fysik
- Christa Gall, KU-NBI
- Larst Pleth Nielsen, Teknologisk Institut
- Anne Ersbach Nielsen, Aarhus Universitet
- John Bulava, SDU
- Karen Chan, DTU Fysik
- Heather Lewandowski, University of Colorado, Boulder

Igennem disse foredrag forsøger DFS at dække dansk fysik bredt med foredrag om alt fra exoplaneters klima og højenergi-astrofysik til materialefysik og de nyeste forståelser af de fundamentale kvante-effekter i termodynamik. Der vil desuden være fokus på plasma- og fusionsfysik samt tematiske sessioner om eksperimenter som en del af fysikundervisningen. Der vil også være en "Town Hall"-session med repræsentanter for blandt andet Villum- og Novo Nordisk-fondene.

DFS ser frem til endnu et godt årsmøde, hvor vi som fysikere kan styrke vores netværk på tværs af landet. Der vil som altid være et antal fripladser til studerende, der præsenterer deres projekter, og som noget nyt i år også til gymnasielærere. Programmet for årsmødet og med information om tilmelding mv. kan findes på dfs.nbi.ku.dk.

Med de bedste hilsner, og vel mødt til DFS2019!
- Bestyrelsen for Dansk Fysisk Selskab.



Ny bestyrelse for DFS

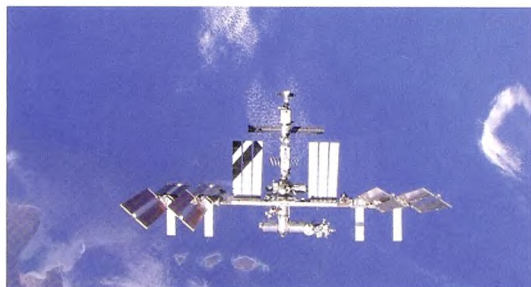
DFS afholdt sidst på efteråret valg til bestyrelsen. Der var tale om fredsvalg, og bestyrelsen er nu sammensat som følger:

- Kristoffer Haldrup, DTU (formand, udpeget af faststof-sektionen)
- Ian Bearden, NBI (næstformand, udpeget af sektionen for uddannelse & formidling)
- Mette Marie-Louise Grage, VUF (direkte valgt)
- Hans Fynbo, AU (kasserer, direkte valgt)
- Morten Bache, tidl. DTU, nu Novo Nordisk Fonden (direkte valgt)
- Thomas Rytto, SDU (direkte valgt; på sabbatical 1/3-30/8)
- Jørgen Beck, NBI (udpeget af kerne-partikel-sektionen)

Bestyrelsen vil gerne takke afgangende medlem Karsten Riisager for hans mangeårige indsats for DFS, blandt andet som kasserer.

16 solopgange

Af Jens Olaf Pepke Pedersen, DTU Space og KVANT



Figur 1. Den Internationale Rumstation har været i kredsløb om Jorden siden 1998.

I november 2016 rejste den franske astronaut Thomas Pesquet afsted på sin første mission til Den Internationale Rumstation. Her kom han til at tilbringe et halvt år i kredsløb om Jorden sammen med et internationalt team af astronauter – og med et eksemplar af Antoine de Saint-Exupéry's "Den lille prins" i bagagen. For – som Pesquet sagde – var det ultimative mål med missionen at give børn og unge noget at drømme om.

Hans rejse er nu blevet til dokumentarfilmen "16 solopgange (16 levers de soleil)". Her følger man Pesquets rejse fra Paris til det russiske Baikonur-rumcenter i Kasakhstan, hans opsendelse med en Soyuz-raket og opholdet på Rumstationen, til landingen seks måneder senere på den kasakhstanske steppe.

De 16 solopgange hentyder til, at astronauterne på Rumstationen kredser omkring Jorden på 90 minutter, og i løbet af et døgn oplever de derfor Solen stå op (og gå ned igen) 16 gange.

Det leder allerede tankerne hen på den lille prins, der på sit besøg på en af de små forunderlige planeter møder en lygtetænder, for hvem de mange solop- og -nedgange er blevet en sand plage. Planeten drejer hurtigere og hurtigere rundt for hvert år, så solen nu går op og ned én gang i minuttet, og den stakkels lygtetænder, som skal sørge for at tænde og slukke planetens eneste gadelygte, har ikke længere et øjebliks ro.

Det samme kan man ikke sige om filmen, der i et roligt tempo formidler et fint indtryk af dagligdagen på Rumstationen. Undervejs i filmen er der også passager fra "Den lille prins" og andre af Saint-Exupéry's bøger, som næsten udvikler sig til en dialog med Pesquet, men ellers følger vi astronauternes arbejde, deres daglige gøremål og samtaler med hi-

nanden. Vi får også et indblik i Pesquets samtaler med familien, og på et tidspunkt bliver han genforenet med sin saxofon, som i al hemmelighed er sendt op til Rumstationen sammen med andre forsyninger. Komponisten Guillaume Perret har til lejligheden skrevet et stykke til Pesquet, som han spiller ombord.



Figur 2. Den franske astronaut Thomas Pesquet med sin saxofon ombord på Rumstationen.

Der er mange smukke og spektakulære optagelser, især af solopgange og af Jorden set fra rumstationen. Der er dog også mange optagelser i lavere kvalitet, som er reduceret til en firkant på skærmen, og flere af scenerne varer lidt for længe. På et tidspunkt får vi også optagelser af en tur forbi Månen og ud i solsystemet, hvad der virker noget umotiveret.

Det er i høj grad billederne, der formidler filmen, for kommentarerne er begrænset til det minimale, og selv om der er brudstykker af dialog mellem astronauterne, må tilskueren det meste af tiden selv finde ud af, hvad der foregår, hvilket ikke altid er nemt. Vi ser små klip med nyheder fra Jorden om konflikter i Ukraine og udviklingen i Nordkorea, som viser, at astronauterne følger med i de geopolitiske spændinger på Jorden, alt imens russere og amerikanere arbejder uforstyrret og tillidsfuldt sammen.

Med en pris på omkring 1.000 milliarder kroner er Rumstationen det dyreste objekt, som menneskeheden har konstrueret, og det har kun kunnet lade sig gøre i et internationalt samarbejde. Udforskningen af solsystemet er vor tids opdagelsesrejser, og erfaringerne med Rumstationen er en del af forberedelserne til, at mennesket engang kan komme derud.

16 levers de soleil, instrueret af Pierre-Emmanuel Le Goff, 117 min. (2018)