

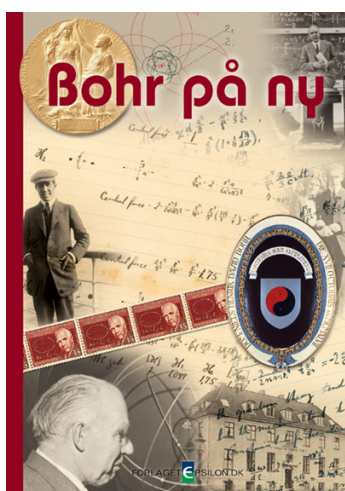
Tre gange Bohr

Af Anja Skaar Jacobsen, Ordrup Gymnasium

2013 er hundredeåret for publiceringen af Niels Bohrs berømte trilogi, "On the constitution of atoms and molecules", hvori han for første gang præsenterede sin model for atomets struktur – et arbejde der, sammen med videreudviklingen af det, indbragte ham Nobelprisen i fysik i 1922. Det fejres med en genoptrykning af trilogien og en hel række nye, spændende publikationer om Bohr og hans atommodel. Her omtales én dansk og to engelske bøger.

Bohr på ny

Redaktion: Lone Bruun, Finn Aaserud og Helge Kragh, "Bohr på ny", Forlaget Epsilon 2013, 224 sider, 270 kr. www.forlagetepsilon.dk.



Den første bog, der skal nævnes her, er en antologi bestående af hele fjorten artikler skrevet af en række af landets bedste forskere (og en svensk) inden for hver deres felt samt et par rørende artikler om Bohr som farfar og ven skrevet af hhv. to børnebørn, Tomas og Wilhelm A. Bohr, og nu afdøde industrimagnat, Haldor Topsøe. Bogen er dedikeret til David Favrhøldt for hans mangeårige virke som formidler af Bohrs filosofi. Artiklerne er henvendt til lægfolk, og bogen er rigt illustreret med mange flotte fotos fra Niels Bohr Arkivets gemmer. Som det ofte er tilfældet med antologier, er kvaliteten dog ujævn. Det hænger naturligvis sammen med, at ikke alle emner er lige lette at formidle til det brede publikum, og ikke alle mestrer formidlingens kunst i lige høj grad. Det er heller ikke alt, der er lige nyt, jævnfør titlen. Men alt i alt kan bogen varmt anbefales, og specielt til gymnasieskolerne. På grund af pladsmangel er jeg desværre nødsaget til at være yderst økonomisk med kommentarerne.

Det tredje afsnit i bogen handler om Bohr og fysikken. I gymnasiets fysikundervisning er Bohrs pandekageatom en del af pensum, fordi det så nemt kan visualiseres og er meget pædagogisk. I undervisningen bruger vi også rask væk betegnelsen elektronbaner, ja i kemi taler vi endda om elektronskaller! Helge Kragh har passende leveret to gode afsnit om atommodellens historiske udvikling, der kort opsummerer indholdet af hans omfattende bog om samme (se anmeldelse nedenfor). Anja C. Andersens meget velskrevne artikel om opdagelsen af hafnium og stoffets betydning i astrofysikken i dag kan umiddelbart indgå i gymnasiets fysikundervisning. Kvanteelektronikken må i mine øjne kandidere

til det næste emne i gymnasiebekendtgørelsens "Fysik i det 21. Århundrede". Klaus Mølmer beskriver i en medrivende artikel, hvordan man i dag i laboratoriet kan manipulere med de selvsamme paradoksale kvantemekaniske effekter, som Einstein og Bohr diskutererede i starten af 1900-tallet ved at forestille sig sindrige tankeeksperimenter. Det drejer sig om fænomener som *partikel-bølgedualiteten*, at partikler tilsyneladende kan være flere steder på samme tid, og at partikler kan optræde i korrelerede par. Læseren får her et spændende indblik i, hvor langt man er i udviklingen af teknologien til kvantecomputere og kvantekryptering.

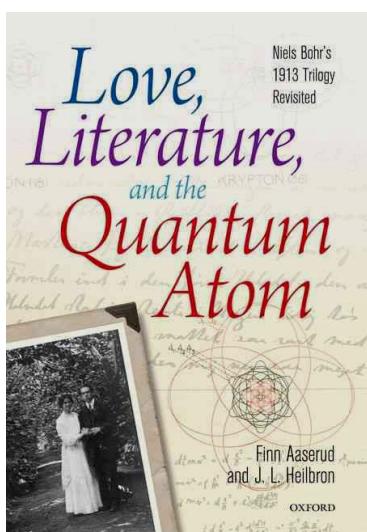
Det sidste afsnit handler om Bohr og filosofien. David Favrhøldts artikel om Bohrs erkendelsesteori og sprogets rolle heri er nok den, der bedst kan forstås af gymnasieelever. Erkendelsesteorien handler om, hvordan vi som både deltagere i og tilskuere til verden kan opnå viden om selvsamme verden. Henrik Zinkernagels artikel er en flot og klart forståelig diskussion (hvis man er lidt inde i kvantemekanik) af Bohrs filosofiske ståsted mellem det, Zinkernagel kalder kvantisk og klassisk virkelighed. Det ville dog være mere i Bohrs ånd, hvis de filosofiske diskussioner om f.eks. kvantefundamentalisme og måleproblemet blev holdt op imod de nyeste kvanteeptiske eksperimenter, for det er jo faktisk det, der filosoferes over. Ellers bliver det filosofi for filosofiens egen skyld alene med henvisning til den kvantemekaniske formalisme, og det er synd og skam. Jan Faye kommer kort ind på såkaldt kvantedekohærens i hans diskussion af forskellige fortolkninger af kvantemekanikken. Jeg havde gerne set en uddybende analyse af den ide og i hvilken grad, der er sammenfald med Bohrs tanker.

Bohr var ikke bare et fysikgeni, han besad også en sjælden sans for visionært lederskab, hvilket åbenbares i de fem artikler i afsnittet om Bohr i politik og samfund. Man kan mærke, at Henrik Knudsen og Henry Nielsen har noget på hjerte i deres indsigtfulde analyse af, hvordan Bohrs enorme arbejdskraft kom både det internationale videnskabelige samarbejde og den nationale forskningspolitik til gode. Samtidig forstår forfatterne at gøre brug af det danske sprog, så det er en fryd at læse om det, måske ellers for nogen, lidt tørre stof. Bohr benyttede sig naturligvis af sin høje anseelse i videnskabelige og politiske kredse, og ved hjælp af Rask-Ørsted Fonden sørgede han for at udnytte Danmarks unikke rolle som det lille neutrale land i den særlige udenrigspolitiske konstellation i mellemkrigstidens Europa til at sikre sit institut en solid position både nationalt og internationalt. Finn Aaserud følger op på emnet og fortæller om den ganske specielle atmosfære på instituttet, der blev kaldt "københavnerråden" af de besøgende forskere. I 1930'erne spillede instituttet som bekendt en vigtig rolle som tilflugtssted for fysikere, der flygtede fra Tyskland af racistiske og politiske årsager. Det er forfriskende at læse Karl Grandins velskrevne og interessante artikel om Bohrs

betydning i det svenske fysikersamfund. Bohr havde først og fremmest en nær ven og videnskabelig støtte i Carl Wilhelm Oseen, der sad centralt placeret i Nobelkomiteen. Læseren får derudover indblik i Bohrs store engagement i forbindelse med oprettelsen af Atomenergikommissionens Forsøgsanlæg Risø af Hans von Bülow, som var chef i kommissionen. Aaserud afslutter afsnittet med en artikel om Bohrs engagement på den storpolitiske scene i form af hans diplomatiske enmandskamp for en åben verden. Idéen tog afsæt i realiseringen af atombomben og indebar forhandlinger med ingen ringere end Winston Churchill og Franklin D. Roosevelt. Bohr fortsatte med at promovere idéen i efterkrigstiden og under den kolde krig, for at forhindre våbenkapløbet, men desværre uden den store gennemslagskraft.

Bohrs kærlighed og korrespondance

Af: Finn Aaserud og John L. Heilbron, "Love, Literature and the Quantum Atom. Niels Bohr's 1913 Trilogy Revisited", Oxford University Press 2013, 284 sider, ca. 35 pund (ca. 300 kr). <http://ukcatalogue.oup.com>.



Denne bog indeholder en genoptrykning af Bohrs trilogi, som faktisk er ret læseværdig, men bogens primære ærinde er to meget interessante videnskabshistoriske tekster skrevet med trilogien som omdrejningspunkt. I forbindelse med jubilæumsåret har Bohr-familien stillet hidtil tilbageholdt korrespondance mellem de ny-forlovede Margrethe Nørlund og Niels til rådighed for Niels Bohr Arkivets leder Finn Aaserud. Gennem studiet af denne korrespondance kaster Aaserud nyt lys på Margrethes, og Niels' øvrige families, rolle i denne vigtige formative periode af hans karriere, mens professor emeritus ved University of California, Berkeley, John L. Heilbron, anvender brevene til at analysere atommodellens oprindelse på ny.

Det er velkendt, at Bohr var født ind i en meget privilegeret familie, der stadig hører til Københavns intellektuelle elite. Men det er alligevel overraskende, hvor udtalt familiens opbakning af Niels' karriere var, ikke mindst hos de meget målrettede og ambitiøse kvinder, hans mor Ellen og hans moster, Hanna Adler. Margrethe blev grundigt forberedt på, hvad der skulle være hendes rolle i det fremtidige ægteskab med Niels, ikke mindst af sin kommende svigermor. Man skal naturligvis huske på, at det var en helt anden tid; som hustru i bedre kredse var man sidevogn til manden, men det var en på sin måde betydningsfuld og anerkendt funktion dengang. For Ellen var det vigtigt, at hendes søns fremtidige hustru kunne forstå "vores Nielsemand", og at hun ville støtte op om hans karriere og hjælpe ham med hans kreative

videnskabelige arbejde. Margrethe forberedte sig bl.a. ved at læse biografier "om virkelig store Mænd." Niels bad hende træde ind i rollen som "mor" for hans fremtidige elever, hvilket hun gjorde. Der er ingen tvivl om, at hun blev en uundværlig støtte for sin mand, og der er ingen tvivl om, at der bag denne store mand stod en hel række stærke kvinder.

I sit anderledes og meget lærde essay, "Nascent science: The scientific and psychological background to Bohr's Trilogy," understreger Heilbron, at atommodellen *ikke* var en *opdagelse* på lige fod med f.eks. J. J. Thomson's opdagelse af elektronen; atommodellen var en *opfindelse*. Det blev allerede understreget i den berømte artikel, som Heilbron skrev med Thomas S. Kuhn i 1969 med titlen "The genesis of the Bohr atom." Med det in mente argumenterer Heilbron for, at den kronologiske udvikling af kvanteteorien ikke er den samme som den man kunne have forventet rent logisk; for bølgemeknikken, der blev udviklet i årene 1925-1926, kan overraskende nok udledes direkte af Max Plancks strålingsteori fra 1900! Men historien tog altså en omvej omkring Bohrs teori for atomets struktur. Selvom man måske ikke kan benægte, at en sådan kontrafaktisk udvikling fra Plancks strålingsteori direkte til bølgemeknikken er mulig rent logisk, strider den voldsomt mod det billede af fysikkens udvikling, man kender. Der ligger også i denne tænkte logiske udvikling en forestilling om fysik som ren teori, endda som ren matematik. For hvor kommer de mange eksperimentelle opdagelser i perioden ind i det billede? Men lad nu det ligge. Pointen, Heilbron vil have frem, må man formode, når han trækker det så skarpt op, er, at historien som oftest viser sig *ikke* at følge en logisk udvikling. Og det fordrer så en forklaring på, hvorfor historien fulgte sin egen rute. Videnskabshistorikerens opgave er dels at *beskrive* den kronologiske udvikling, men også at forsøge at *forklare* den. Heilbrons forklaring på den omvej, fysikhistorien tog omkring Bohrs atommodel, er, at der eksisterer "store mænd" (af begge køn), hvis specielle karisma og psyke, i Bohrs tilfælde i form af en kolossal selvbevidsthed og en nærmest manisk drivkraft, kan give retning til en hel videnskab. Det er en besnærende og interessant tanke, der ikke helt kan afvises, men den kan heller ikke stå alene. Heilbron fortolker de nye breve derhen, at Bohr næsten var besat af tanken om at skabe noget stort, da han drog til England, og at han blev bakket fuldstændig op hjemmefra i, at han var bestemt til at udføre noget stort.

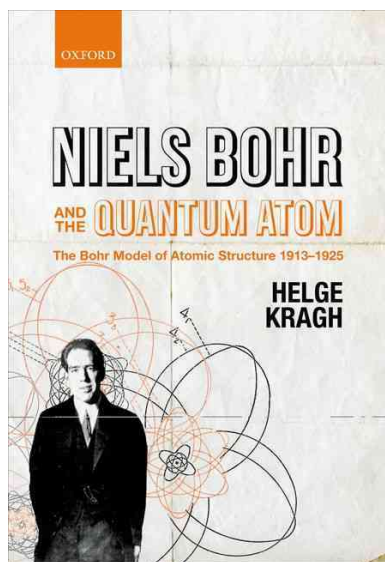
Heilbron har også nærlæst Bohrs tidlige arbejder og doktorafhandlingen om metallernes elektronteori og viser ad den vej, at Bohr til fulde beherskede den traditionelle matematiske fysik. Bohrs geni lå imidlertid i, at han samtidig kunne frigøre sig fra traditionen og tænke nyt. Allerede i sin doktorafhandling gjorde Bohr det klart, at den klassiske fysik er utilstrækkelig i beskrivelsen af atomare fænomener. Mange har spurgt, hvad kilden kunne være til denne meget tidlige overbevisning hos Bohr, samt til hans sidenhen så berømte erkendelsesteori, der slog rod i samme periode. Som oftest har de søgt i den filosofi, som Bohr læste, da han tog Harald Høffdings filosofikum. Som allerede nævnt i Aaseruds første del rummer korrespondancen mange eksempler på henvisninger til bl.a. Kierkegaard, Ibsen, Carlyle og Goethe. Referencerne til litteraturen anvendes af både Aaserud og Heilbron til refleksioner over Niels og Margrethes kærlighed. Heilbron går skridtet videre og dokumenterer, at den litteratur og poesi, Bohr var så velbevandret i, samt et romantisk sværmeri for det nordiske, må tages i betragtning som kilder til Bohrs heroiske skridt væk fra den klassiske fysik.

Underligt nok nævnes det mest radikale ved Bohrs atomteori, nemlig kvantepostulaterne, der stadig holder den dag i dag, kun i forbifarten. Artiklen er ellers aldeles rig på

fysikhistoriske detaljer og er ikke nem læsning, men det er jo nogen gange det, der er svært, man bliver mest nysgerrig på. Teksten henvender sig mest til dem, der kender den historiske udvikling i forvejen. Den artikel Heilbron skrev med Kuhn i 1969 er mere læsevenlig og kan med fordel konsulteres som baggrund. Eller man kan anskaffe sig Helge Kraghs grundige bog om emnet.

Videnskabshistorisk standardværk

Af: *Helge Kragh*, "Niels Bohr and the Quantum Atom. The Bohr Model of Atomic Structure 1913-1925", Oxford University Press 2012, 410 sider, ca. 35 pund (ca. 300 kr). <http://ukcatalogue.oup.com>.



Denne bog er en ren kraftpræstation, der kandiderer til at blive standardværket om kvanteatomet. Helge Kragh giver her et omfattende og detaljeret portræt af Bohrs atomteori, dens tilblivelse, modtagelse, udvikling og forkastelse. Stilen er, i modsætning til hos Heilbron, empirisk og nøgtern. I sin forklaring på atomteoriens oprindelse citerer Kragh Bohr for, at den var udledt ad empirisk vej. Men ikke nok med det; Kragh dokumenterer også gennem talrige eksempler, at atomteorien fik den form den fik, for at den som en puslebrik kunne passe med den lange række af eksperimentelle kendsgerninger i form af linjespektre, røntgenspektre, lysets dispersion i gasser, astrofysiske observationer og ikke mindst kemiske egenskaber. Atomet skulle både give et bud på grundstoffernes elektronkonfiguration, på om de radioaktive β -partikler kommer fra atomets kerne eller fra dets elektronkonfiguration, og på hvorfor grundstoffer med forskellig vægt udviste samme kemiske egenskaber. I bogen sammenlignes Bohrs beregnede fysiske størrelser løbende med de eksperimentelt fundne. Kragh viser på den måde, at der var empirisk evidens for mange af Bohrs resultater. Han studser ikke over Bohrs tidlige overbevisning om, at atomer skal beskrives med kvanteteori, og han afviser pure, at Bohrs filosofiske læsning skulle have haft indflydelse på hans teori!

Kragh gennemgår udviklingen fra Bohrs pandekageatom til Arnold Sommerfelds forbedring af det i form af de smukke elliptiske baner i tre dimensioner, en model man ofte har set anvendt som selve symbolet på fysikken. Snart opgav fysikerne dog modellen, idet den var urealistisk. I 1924 forkastede fysikerne, med Wolfgang Pauli og Werner Heisenberg i spidsen, ideen om, at elektronerne bevæger sig i bestemte baner, og teorien blev endeligt forkastet i 1925. Grunden var, blandt flere andre, at den ikke kunne redegøre for selv det næstsimpløse grundstof, helium, men begrænsede sig til primært at kunne redegøre for hydrogenagtige

atomer. I næsten samme åndedrag som teorien blev opgivet, blev den nye kvantemekanik formuleret, i første omgang af fysikerne Heisenberg og Max Born. Kvantepostulaterne om eksistensen af stationære tilstande og frekvensbetingelsen, der siger, at energiforskellen mellem to stationære tilstande er Plancks konstant gange frekvensen af det udsendte lys, var på lang sigt det eneste, der overlevede fra den oprindelige model.

Bogen omhandler også, hvordan teorien blev både positivt og negativt modtaget i England, Tyskland og Amerika, og det er spændende læsning, for Bohrs ideer provokerede ved deres radikalitet. Det mest overraskende, og for mange det mest uspiselige, var, at man ifølge Bohr skulle skelne mellem elektronens omdrejningsfrekvens og frekvensen af det udsendte lys. En del kritik gik på, at modellen ikke gav noget bud på en fysisk mekanisme for strålingsudsendelsen. Bohrs mentor, Ernest Rutherford, stillede således spørgsmålstegn ved akausaliteten i kvantespringet: Er det en form for teleologisk opførsel, der gør, at elektronen, når den forlader sin bane, allerede ved, hvilken bane den vil lande i? Selv lagde Bohr ikke skjul på, at det kunne hans teori ikke svare på. Til gengæld vandt det stor respekt, at modellen blandt meget andet spyttede en eksakt værdi af Rydbergkonstanten ud. Vi får i denne del af bogen også et interessant indblik i, hvordan Bohr valgte sine debatter med modstanderne af hans atomteori med omhu.

Den historiske udvikling går ofte på tværs af faglige discipliner. Således appellerede Bohr både til kemikere og fysikere med sin atom- og molekylmodel. Kragh favner imidlertid ikke kun dybt, men også bredt, og han leverer ligeledes en grundig behandling af den kemiske side af historien inklusiv kemikernes reaktion på atomet, som ellers ofte levnes meget lidt plads i fysikhistorisk sammenhæng. Bogen har en stram struktur og en klar rød tråd: Fysikken (og kemien) holdes for øje. De matematiske resultater præsenteres, mens matematiske teknikaliteter er udeladt. Kragh synes primært at skrive for fysikere og fysikhistorikere, og bogen fremstår sine steder lidt nørdet indforstået. Men den stramme opbygning gør det svære stof overskueligt og gør bogen god at slå op i, hvis man er interesseret i bestemte aspekter af udviklingen. Det er derfor heller ikke noget problem at springe et afsnit over eller læse det mere kursorisk.

Som Kragh nævner i indledningen til bogen "Bohr på ny" (anmeldt ovenfor), nyder Bohrs erkendelsesteori i dag stor bevågenhed blandt filosoffer. Men det får vi slet ikke indblik i gennem Kraghs afsluttende appendiks: "The philosopher's atom." Det er i stedet en meget kort diskussion af 1970'ernes videnskabsteorier i form af bl.a. Kuhn, Karl Popper, Imre Lakatos og Paul Feyerabend, og virker som sådan mest af alt som et fjernt ekko fra en svunden tid.



Anja Skaar Jacobsen er gymnasielærer i fysik og kemi på Ordrup Gymnasium. Hun har en ph.d.-grad i videnskabshistorie fra Aarhus Universitet på en afhandling om H. C. Ørstedes kemi og filosofi og blev i 2012 dr.scient. ved Københavns Universitet på afhandlingen Léon Rosenfeld: Physics, Philosophy, and Politics in the Twentieth Century (World Scientific, 2012). Hun brænder for sine fag og deres historie, teori og filosofi og ikke mindst for sin undervisning.