

Niels Bohr (1885 – 1962)

Haakon Olsen

Biografi på Høytidsdagen
26. februar 1999



Preses, Selskabets gjester og medlemmer

Niels Bohr var en av de mest ruvende forskerskikkelser i vårt århundre. Han skapte atomteorien gjennom å omstøte de klassiske teorier i forhold som angår de minste systemer i naturen, atomer og helt ned til de minste subatomiske partikler. Den intellektuelle innsats var uten sammenligning noe av det mest banebrytende som er skapt av en forsker. Han møtte tvil og problemer. Under prosessen hadde Bohr bare sin intuisjon og kolossale arbeidskapasitet som støtte: Klassisk teori hadde utspilt sin rolle i atomær fysikk. Dette er utgangspunktet.

Niels Henrik David Bohr ble født den 7. oktober 1885. Hans far Christian Bohr var en kjent fysiolog, professor ved København Universitet, hans mor, født Ellen Adler, var av jødisk slekt, datter av David Adler, grunnlegger av de kjente banker Privatbanken og Handelsbanken, den siste nå kjent som Den Danske Bank.

Niels Bohr skulle bli fysiker var hans beslutning. Hans vitenskapelige karriere begynte i 1905 – samme år som hans senere kollega og gode venn Albert Einstein utførte sin store forskningsbragd, utviklingen av relativitetsteorien. Det året besvarte Niels Bohr Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs prisoppgave som var en «Eksperimentell undersøgelse af overfladespændinger i væskedråber». Det er noe spesielt over denne hendelsen: Væskedråpens fysikk skulle han møte meget senere i en helt annen og enda meget viktigere sammenheng, som vi skal se. Bohr fikk prisen og hans første vitenskapelige publikasjon «On the determination of a recently formed water surface» ble trykket i Proc. Roy. Soc. i London i 1910.

Han disputerte for den filosofiske doktorgrad ved København Universitet i 1911 på en avhandling om metallenes elektronegenskaper. Allerede her viste Bohr sin strenge selvkritikk. Han hadde fått sin doktorgrad, men den som

ikke var fornøyd med resultatet var Bohr selv. Han ville gjennomgå avhandlingen på nytt nøye. Til det ville han søke den fremste ekspertise. Han søkte kontakt med elektronets oppdager Joseph J. Thomson i Cambridge. Men dette var slett ikke enkelt for en ung nybakt doktor fra Danmark. Her er Bohrs andre sterke side – hans mot når det gjelder å komme fram til det beste og mest riktige resultat. Ikke for egen vinnings skyld – han var såmenn en svært beskjeden mann – men fordi saken, det vitenskapelige resultat fortjener å bli forstått så langt som vel mulig. Det gikk bra så langt. Carlsbergfondet støttet reisen, og Bohr var i Cambridge der han fikk mange kontakter. Men J. J. Thomson var ikke hjelpsom, så doktoravhandlingen ble trykket i Phil. Mag. i 1912 uten støtte fra J. J. Thomson.

Likevel fikk Bohrs reise til England en avgjørende betydning for Bohrs fremtidige karriere. Han fikk kontakt med den engelske eksperimentalfysiker Ernest Rutherford i Manchester. Rutherford hadde fått Nobelprisen i 1908 «for his investigation into the disintegration of the elements and the chemistry of radioactive substances». Og han hadde gjort mer. Han hadde påvist at atomet for hvilket som helst kjemisk element består av en tung kjerne som er uhyre liten i forhold til størrelsen av atomet. Dette var eksperimenter som ved sin enkelhet og eleganse fryder en fysiker – vi skal likevel ikke gå inn på dem her. «Rutherford-atomet» som ble navnet, består dermed av en tung kjerne omsirklet av elektroner med andre ord som et planetsystem. Analogien til planetsystemet er enkel og vakker – planet–sol–system i det store og i det små, Rutherford-atomet. Problemet er at Rutherford-atomet ikke er stabilt, modellen er ubrukbar: Når elektronene roterer, sender de ut stråling, lys, slik at elektronene mister energi og Rutherford-atomet ville leve bare en brøkdel av et sekund som et atom. «Atomet stråler seg selv til døde». Dette var det problemet som den unge Niels Bohr grep fatt i – og miljøet hos Rutherford måtte være det beste i verden for oppgaven. Men det skuffet Bohr at Rutherford selv ikke var opptatt av problemstillingen – antakelig forsto Rutherford at det som skjer i atomet bryter med de klassiske naturlover. Han ville vente og se.

Eksperimentelle fakta er at atomene sender ut lys med bestemte farger spesifikt for vedkommende kjemisk element, såkalte spektrallinjer. Og spektroskopier var en langt utviklet vitenskap. Dette skulle bli en viktig nøkkel til forståelsen av Rutherford-atomet. Bohr arbeidet i årene 1912 – 13 i miljøet hos Rutherford. Det var møysommelig og hardt arbeid. Og med den truende visshet om at problemet bare kunne løses dersom det medførte brudd med de klassiske naturlover. Men hvordan kunne de klassiske naturlover, som har gitt det verdensbilde forskerne hadde dannet seg gjennom århundrer,

være feil? Naturlover som også hadde dannet grunnlaget for den eksisterende teknologi. Siden Newton hadde man i all fysisk forskning kunnet gå fram skritt for skritt for å oppnå nye landvinninger. Men Bohr hadde her et mer fundamentalt problem. De klassiske grunnlover kunne ikke være utgangspunktet han kunne bygge på. Max Planck og senere Albert Einstein hadde ved sin forskning overbevist Bohr om de klassiske lovers begrensning. Men det hadde aldri vært snakk om brudd med den klassiske teori.

Bohr hadde motet og intuisjonen til å forsøke helt nye tanker. Han fremsatte den hypotese – som han kalte den – at atomet kan befinne seg i stabile tilstander, og det gjør det mesteparten av tiden, og sender da ikke ut stråling. Dette er et klart brudd med klassisk teori der atomet ville «stråle seg selv til døde» Dette var Bohrs dristige påstand som skulle møte sterk kritikk i utgangspunktet. Videre skal lysutsendelse foregå ved at atomet springer fra en tilstand til en annen. Men hvor var noe som kunne ligne en eksperimentell bekreftelse?

I begynnelsen av 1913 var Bohr kommet så langt at han hadde regnet ut – fra sine hypoteser – lysutsendelsen fra et hydrogenatom, det letteste atom med bare ett elektron.

Så kom gjennombruddet. Bohrs studiekamerat og senere medarbeider H. M. Hansen, minnet Bohr om den formelen, Balmers formel, som var funnet for lysutsendelse fra hydrogenatomet nærmere tre år tidligere av den sveitsiske fysiker J. J. Balmer. Formelen stemmer perfekt. Dette var den eksperimentelle bekreftelse Bohr hadde ventet på. 6. mars 1913 sender Bohr sitt manuskript til Ernest Rutherford for den publikasjon som skulle føre Niels Bohr inn i historien som grunnleggeren av atomfysikken.

Niels Bohr løste problemet angående atomets stabilitet. Hans løsning fikk konsekvenser for alle forhold innenfor atomær fysikk. Men det tok år før dette var forstått og akseptert.

Bohrs innsats i 1913 var innledningen til det som den amerikanske fysiker Robert Oppenheimer, senere leder for Manhattan-prosjektet, kalte «de heroiske år». Det var en periode da stadig flere fremtredende fysikere fra forskjellige land kom til Niels Bohr i København for å lære, og for å drøfte egne resultater og høre nytt.

Men det var ikke overalt at man straks betraktet Bohrs teori som et ståsted for en ny tidsalder i fysikken. I Göttingen – et sentrum for teoretisk fysikk –

var reaksjonen kjølig – uttrykk som «at det var noe vrøvl – på grensen til be- drageri» forekom. Den tyske fysiker Carl Runge tilføyet «Det er så meget mer sørgelig, fordi man i så mange år har arbeidet i håpet om at de opplysninger man hadde, måtte få avgjørende betydning for å finne fram til mekanismer i atomet. Det er derfor i høyeste grad beklagelig at litteraturen skal bli forurenset med slike ulykkelige opplysninger som vitner om lite kjennskap til vår viten om atomspektra». Det er ikke bare i dag at uvitenheten fører til merkelige uttalelser fra «referees». Senere måtte Runge beklage sine uttalelser.

Albert Einstein var også negativ til å begynne med – selv om han – sammen med Planck var en av de første som så kvantefenomener. Han uttalte at dersom Bohrs teori skulle være riktig, ville fysikken ha hørt opp – det ville være umulig å gjøre fysikk mer. Bohrs kommentar var at så konsekvent forholdt nå ikke Einstein seg til problemet. Senere fikk Einstein vite at Bohrs teori hadde etter hvert bestått alle prøver, og Einstein ble en av Bohrs viktigste medpillere i årlige diskusjoner om den nye kvanteteorien. Så Einstein gjorde fysikk likevel.

Bohrs teori vant fram overalt og ni år etter gjennombruddet mottok han Nobelprisen for 1922 «for his investigation of the structure of atoms, and of the radiation emanating from them». Det er kanskje ikke så kjent at Albert Einstein fikk Nobelprisen for 1921 for arbeidet han hadde utført i 1905, fotoelektrisk effekt. Prisen ble utdelt i 1922, derfor kunne de to gigantene i teoretisk fysikk ha mottatt sine priser samtidig. Slik ble det imidlertid ikke siden Einstein var på verdensturne på den tiden. Noe som er nesten like merkelig er at Einstein ikke fikk prisen for sitt livsverk, relativitetsteorien. Rykter sier, fordi filosofer ikke kunne akseptere at tiden ikke er universell. Siden forhandlingene i Nobelkomiteen er hemmelige, forblir dette rykter.

Robert Oppenheimers «heroiske år» fortsatte. Niels Bohr hadde fått profesorat og til og med eget institutt «Niels Bohr instituttet» som ble innviet i september 1921. Blant de mange som søkte til instituttet var en ung tysk fysiker Werner Heisenberg, tidligere elev av den kjente professor Arnold Sommerfeld som hadde forstått at Heisenberg hadde stor interesse for Bohrs teori. Denne nye student ved instituttet skulle bidra til gjennombruddet i kvantemekanikk og spille en betydelig rolle i samarbeid med Bohr. Mer enn noen annen av Bohrs medarbeidere bidro han kort tid etter at han kom til instituttet i en alder av 22 år til en systematisk teori for kvantemekanikken som omfattet generelle konsekvenser for fysikken – alt preget av de diskusjoner han hadde med mesteren – Niels Bohr. Den tyske fysiker Carl-

Fredrich von Weizsäcker uttalte i minneord om Heisenberg: «Skal man nevne to som grunnleggere av det nye verdensbilde innenfor fysikken, må det bli Einstein og Bohr, nevner man tre er det Einstein, Bohr og Heisenberg». Heisenberg fikk Nobelprisen for 1932 med en formulering som gir uttrykk for det samme: «for the creation of quantum mechanics.....».

I disse årene kom en rekke tyske vitenskapsmenn og -kvinner – særlig av jødisk slekt som søkte et sted utenfor Hitler-Tyskland der de fritt kunne drive sin vitenskap. Niels Bohr gjorde en enorm innsats for å hjelpe. Det kan nevnes en rekke fysikere som på denne måte ble reddet. James Franck med Nobelpris fra 1925 forlot sitt eget institutt i Göttingen, Georg von Hevesy kom fra Freiburg, og Hilde Levi var den siste jødiske doktorand i Berlin, hjulpet av Max von Laue. Disse er bare noen få av de mange Bohr fant muligheter for. Enrico Fermi, en betydelig italiensk fysiker ble reddet fra Hitlers allierte. Bohr begikk et brudd på taushetsløfte til Nobelkomiteen ved å underrette Fermi om at han ville få Nobelprisen for 1938. Fermi grep sjansen og tok med seg familien til Stockholm. Derfra reiste han til U.S.A: Med Bohr som kontaktperson ble han vel mottatt i Chicago.

Så skjedde det i 1938 under opptakten til den annen verdenskrig. Otto Hahn og Lise Meitner hadde arbeidet sammen ved Universität Berlin-Dalem i mange år med å studere de radioaktive kjerner som dannes når uran ble bombardert med neutroner. Lise Meitner hadde forlatt Tyskland og var i Stockholm da hun fikk beskjed fra Hahn om at uventede resultater var kommet ut av deres eksperimenter. Meitner var vel den som løste gåten, og i samarbeid med hennes nevø Otto Frisch som var ved Bohr-instituttet i København, og i samarbeid med Niels Bohr ble det klart at en ny prosess var oppdaget: fisjonen. Urankjernen var blitt spaltet i to deler ved kollisjonen med nøytronet. Bohr hadde arbeidet med teorien for prosessen i noen år, og det er forunderlig at han her møtte igjen det systemet som han studerte til Videnskabsselskabets prisoppgave i 1905, nemlig væskedråpemodellen. Det viser seg at en tung kjerne som uran som inneholder mange neutroner og protoner oppfører seg i en god tilnærming som en væskedråpe – men naturligvis nå underlagt kvantemekanikkens lover. Det helt nye ved fisjonen er at nye neutroner dannes i kollisjonen, med andre ord at det ene neutronet gir flere av samme slag, og mulighetene for en kjedereaksjon er til stede. Det er et faktum at Bohr på slutten av 1939 i et foredrag i Selskabet for Naturlærens Udbredelse som handlet om fisjonen både nevnte atomenergi, og han kom til og med inn på muligheten for å fremstille en bombe! Han mente imidlertid at de tekniske problemene var av så uhyre dimensjoner at de neppe kunne løses innen overskuelig fremtid.

De uhyggelige konsekvensene var åpenbare for fysikerne. Det var til og med i Hitlers Tyskland at fisjonen var oppdaget, og kunne et tysk vitenskapelig-industrielt kompleks konstruere fisjonsbomben? Dette var angsten som drev fram det amerikanske atombombe-prosjektet, Manhattan-prosjektet i Los Alamos.

Niels Bohr var i begynnelsen av april 1940 i Norge hvor han holdt forelesning om atomkjernenes omdannelser. Den 7. april var han i middag hos Kong Haakon 7. Han kom tilbake til København 9. april om morgenen til et besatt Danmark.

Bohr gikk øyeblikkelig i gang med å sikre instituttet mot innblanding fra okkupasjonsmaktens side, ved henvendelser til Universitetsrektor og de danske myndigheter for øvrig. Han ble stadig bedt om fra Motstandsbevegelsen å forlate Danmark både fordi han var av jødisk slekt men også fordi Bohr – i følge Nürnberg-avhøringene – skulle føres til Tyskland sammen med de av staben tyskerne kunne nyttiggjøre seg. Men Bohr ville forbli i Danmark så lenge som mulig. Han følte ansvar for de ansatte ved instituttet, og han så at han hele tiden kunne bistå med å hjelpe personer på flukt.

Ingen visste hvordan Tyskland stillet seg til de nye oppdagelsene omkring fisjonen. I 1941 kom Bohrs tidligere medarbeider Werner Heisenberg til Bohr-instituttet på uventet besøk. Det var vanskelig å avvise en samtale med den nære forbindelse Heisenberg alltid hadde hatt til Bohr. Men Bohr var dypt foruroliget. Det var kjent på instituttet at den tyske fysiker F. G. Houtermanns hadde skrevet en artikkel som klart viste at tyske fysikere kunne være fullt klar over fisjonens betydning for krigsformål. En kort samtale fant sted, og Bohr ble ikke overbevist om at Heisenberg prøvde å antyde at Tyskland ikke hadde planer om tysk atomopprustning. Bohr fikk heller det inntrykk som han fryktet: at Hitler-Tyskland kunne føre forskningen videre med sikte på et atombombe-prosjekt.

Den allierte fysikerkommisjon, Alsos, som undersøkte forholdene i Tyskland etter kapitulasjonen fant ingenting som tydet på forsøk i en slik retning, de tolket dette slik at tyske fysikere ikke hadde nok kunnskaper, noe som må avvises. Etter krigen har det fra skribenthold vært satt fram spekulasjoner om hvorfor Tyskland ikke gjorde noe forsøk på et atombombeprojektet. Robert Jungk i «Heller als tausend Sonnen» mener at Werner Heisenberg motarbeidet den tyske statsmakt. «Han ville ikke gi Hitler et så fryktelig våpen i hendene». Professor i Heidelberg, Hans D. Jensen, som oppholdt seg i Tyskland under hele krigen og hadde nær kontakt med

Heisenberg, men samtidig var behjelpelig med støtte til flyktninger til Sverige tok sterk avstand fra Jungks beskrivelse. Han mente at grunnen var at Heisenberg vurderte mulighetene små for at Tyskland med en pågående krig kunne make et bombe-prosjekt. Med hans ord: «Et slikt prosjekt ville ta store deler av Hitlers krigsbudsjett». I lys av de alliertes Manhattan-prosjekt i Los Alamos er nok dette et reelt argument. En ny bok er for ikke så lenge siden kommet ut i U.S.A., Tomas Powers' «Heisenberg's war», der Heisenbergs rolle i fisjonsforskningen diskuteres. Felles for disse forsøk er mangelen på dokumentasjon, her burde en historiker tre til. Vi vet for eksempel lite om hva forbudet mot å forelese og bruke Bohrs og Einsteins teorier i Hitler-Tyskland betydde, et forbud som noen, deriblant Heisenberg brøt. «Deutsche Physik» ble forfektet av bl.a. Philip Lenard, nobelprisvinner fra 1905, med statsmaktens støtte.

Tilbake til København under krigen. Så kom den dagen som måtte komme. I slutten av august 1943 kom beskjed fra Motstandsbevegelsen at arrestasjoner av Niels Bohr og hans bror matematikeren Harald Bohr med familier var nært forestående. Familiene ble fraktet over Øresund samme natt. Ferden gikk uten uhell. Niels Bohr kunne ikke bli lenge i Stockholm. Byen summet av tyske agenter. Man var redd for at Bohr skulle bli bortført til Tyskland. Bohr ble fraktet med Mosquito-fly over til England. Der ble han tatt vare på som den fysikeren han var med første hånds kjennskap til fisjonsteorien. Og dessuten med førstehånds innsikt i det som kunne foregå av fisjonsforskning i Tyskland. Niels Bohr og hans sønn Aage ble tatt med til Manhattan-prosjektet i Los Alamos og ga sine bidrag til prosjektet. De ble der til krigens slutt i 1945.

Etter krigen var det klart at tyngdepunktet for fundamental fysikkforskning var flyttet fra Europa over Atlanteren. Som en av de ledende skikkelser i Europa med stadig det mest aktive senter innenfor teoretisk fysikk, Bohr-instituttet, var det naturlig at Niels Bohr var en sentral pådriver til en felles europeisk innsats i den nye spennende aktivitet innen elementær-partikkelfysikk. Etter flere år med aktivt og inspirert arbeid ble det europeiske forskningslaboratoriet CERN opprettet i 1952 i Genève. Men den teoretiske CERN-gruppe ble lagt til København, og Niels Bohr ble gruppens leder. Teorigruppen besto av unge fysikere fra de 14 medlemslandene som samarbeidet under særlig kompetent ledelse. Jeg hadde selv den glede å delta i gruppen det første året – der jeg fikk lære å kjenne Niels Bohr både som ytterst kompetent veileder og som en meget omsorgsfull person. Teorigruppen flyttet etter fem år til CERN i Genève der den hører hjemme. CERN har løftet europeisk partikkelfysikk, til de grader at nå deltar svært mange ameri-

kanske forskningsgrupper på CERN. Den nye akseleratoren LHC, Large Hadron Collider, som er ferdig om 8 år, vil bli verdens største akselerator. Dette er helt i Niels Bohrs ånd: Ny erkjennelse om naturens lover kan bare oppnås ved å trenge inn i nye ukjente områder av fysikken.

NORDITA, det nordiske institutt for atomfysikk, et forskningsinstitutt for de nordiske land ble opprettet like etter at CERNs teorigruppe hadde forlatt Bohr-instituttet i 1957. Under planleggingen var Niels Bohr den selvskrevne ankermann, og han forble aktiv i NORDITAs forskning de nærmeste årene inntil han gikk bort 18. november 1962, 77 år gammel.

Niels Bohr var medlem av vårt selskab siden 1927 og besøkte Selskabet og NTH flere ganger med forelesninger om sine nye arbeider innenfor atom- og kjernefysikk. Han var preses for Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab fra 1939 til sin død i 1962, lengre enn noen annen. Niels Bohr ga ofte uttrykk for sin glede over de to søsterselskapers forbindelser.

Siden Niels Bohrs bortgang har hans sønn Aage Bohr ført forskningen videre. Aage Bohr er medlem av vårt Selskab siden 1962 og æresdoktor ved vårt Universitet siden 1972. Han fikk Nobelprisen i fysikk i 1975 «for the discovery of the connection between collective motion and particle motion in atomic nuclei» en videreføring nært opp til Niels Bohrs væskedråpemodel.

Kilder: Samtaler med Aage Bohr og Hans D. Jensen. Referanser fra Niels Bohr-arkivet. Samuel Goudsmit: Alsos, WC1, Sigma Books Ltd., 1947. Niels Bohr: Atomfysik og menneskelig erkendelse. J. H. Schultz. København 1957. Werner Heisenberg: Der Teil und das Ganze. Piper Verlag, 1969; Physics and Philosophy. Harper & Brothers, 1958; Denken und Undenken. Piper Verlag, 1977. «Ausstellung des Goethe-Instituts 1977: Werner Heisenberg 1901-1976». Niels Blædel: Harmoni og enhed, Niels Bohr, en biografi. Rhodos, 1985.