

# Opfølgende og afsluttende betragtninger ved et 100 år

HANS ERIK SCHRØDER, pensioneret lektor

Nogle betragtninger i anledning af et 100 års jubilæum blev bragt i LMFK-bladet maj 2012 og kan findes på [lmfk.dk](http://lmfk.dk).

Det er på en måde paradoksalt, at det netop blev Bohr, der knækkede nødden med at forklare Balmer-spektret, og dermed i princippet alle spektre, ud fra en atommodel, for i modsætning til andre, hvis arbejder Bohr kendte (og citerer), eksempelvis A. E. Haas, W. Ritz og J. W. Nicholson, så havde Bohr ikke beskæftiget sig med dette problem. Bohr havde før 1913 ikke noget specielt fokus på brintatomet og slet ikke på spektre.

## Manchester 1912

### Alfapartikler og atommodel

20. juni 1911 søgte Niels Bohr Carlsbergfondet, hvilket han siden skulle komme til at gøre mange gange, men denne gang dog kun om beskedne 2.500 kr. til et et-årigt studieophold ved udenlandske universiteter. Pengene må være faldet hurtigt, for Bohr tilbragte som nok bekendt hele det akademiske år 1911–12 i England. Og blev J. J. Thomson i Cambridge en skuffelse, blev foråret og sommeren 1912 hos Rutherford i Manchester til gengæld af helt afgørende betydning. Her møder han blandt andre Charles Galton Darwin (f.1887), et barnebarn af den ”rigtige” Darwin, som Bohr beskriver ham i et brev hjem, og med hvem han deler, eller kommer til at dele interessen for absorption af alfapartikler, et emne som Darwin netop har publiceret en artikel om. Og Bohr stifter venskab med ungaren George de Hevesy (f.1885), som senere skal blive en vigtig medarbejder på Blegdamsvej.

Før hjemrejsen fra Manchester i sensommeren 1912 afleverede Bohr to hver for sig vigtige papirer til Rutherford. Det ene var et notat (på et endnu lidt ubehjælpeligt engelsk) eller memorandum, hvori Bohr gør rede for hovedtrækkene i de tanker, han gør sig om atomers og molekylers bygning. Bohr forestiller sig heri atomets elektroner ordnet med konstant vinkelmellemrum i koncentri-

ske cirkulære ringe, der roterer om atomets kerne, og sådan at elektronerne i en indre ring har større omløbsfrekvens  $\nu$  og større kinetisk energi  $W_k$  end elektronerne i en ydre ring, men også sådan at forholdet mellem  $W_k$  og  $\nu$  er det samme for alle atomets elektroner, altså sådan at  $W_k = K \cdot \nu$  for hver enkelt elektron. Bohr refererer her til Plancks og Einsteins strålingslov, men uden eksplicit at knytte  $K$  til Plancks konstant i hvert fald i den bevarede del af memorandumet. Men Rosenfeld mener, at Bohr i sine beregninger har brugt  $K = 0,6 \cdot h$ .

Det fremgår indirekte, at Bohr antager, at hvert neutralt grundstofatom har et antal elektroner (og kerneladninger), der svarer til atomets plads i det periodiske system. Dette var ikke sikker viden i 1912–13, men noget som Bohr argumenterer for i anden del af 1913-trilogien. Før 1913 havde man ikke nummereret grundstofferne. Bohr, og måske Moseley, må tilskrives æren for at indføre atomnummeret som en vigtig fysisk størrelse. I 1920 viste Chadwick eksperimentelt med en Geiger og Marsden lignende forsøgsopstilling med ringformede folier, som sikrede en konstant alfaspredningsvinkel  $\theta$ , at kerneladningen er lig med  $Ze$  for kobber, sølv og platin.

Det andet papir omhandlede absorption af beta- og især alfapartikler. Det har direkte reference til C. G. Darwins artikel om samme emne, og kan ses som et korrektiv til denne. Det er et udkast til en afhandling, som Bohr arbejder videre med hjemme i København. Den bliver først offentliggjort i *Philosophical Magazine* i januar 1913 under titlen *On the Theory of the Decrease of Velocity of Moving Electrified Particles on passing through Matter*, men også emne for et foredrag hjemme i København i *Fysisk Forening* i september 1912. Afhandlingen hviler på klassisk fysik, herunder klassisk optik, idet Bohr betragter vekselvirkningen mellem de indkommende partikler og stofets elektroner i analogi med disses vekselvirkning med lys selv om vekselvirk-

ningen nu involverer høj energi og både primær og sekundær ionisering. Bohr betragter således det enkelte atoms elektroner som et ensemble af harmoniske oscillatorer, som partiklerne kan vekselvirke med. Forudsætningen for, at en partikel overfører energi til en elektron, antages at være, at forholdet  $\tau$  mellem stødparameteren og partiklens hastighed skal være mindre end elektronens ”naturlige svingningstid”. Bohr udleder nu en formel for en ladet partikels farttab per tilbagelagt vejlængde,  $dV/dx$ , i et givet stof (fx en gas eller et tyndt folie) udtrykt ved bl.a. egensvingningsfrekvenserne  $\nu_1, \dots, \nu_n$  for elektronerne. Formlen gav god overensstemmelse med eksperimentelle værdier for absorption af alfapartikler i bl.a. brint, se boks 1.

## Boks 1

I formlen (med cgs-enheder) refererer  $e$ ,  $m$ ,  $n$  og  $\nu$  (ny) til elektronerne,  $E$ ,  $M$  og  $V$  til partiklerne,  $N$  til stoftætheden i molekyler/cm<sup>3</sup>, medens  $k$  er en konstant.

$$\frac{dV}{dx} = -\frac{4\pi e^2 E^2 N}{mMV^3} \sum_{s=1}^n \ln \frac{V^3 kmM}{\nu_s eE(m+M)}$$

For absorption af alfapartikler, og med SI-enheder, kan den skrives

$$\frac{dV}{dx} = -k_C^2 \frac{16\pi e^4 N}{mMV^3} \sum_{s=1}^n \ln \left( \frac{1}{k_C} \frac{V^3 km}{2\nu_s e^2} \right)$$

For absorption i brint fås med nutidige tal,  $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$  C,  $N = 2,51 \cdot 10^{25}$  m<sup>-3</sup>,  $m = 9,11 \cdot 10^{-31}$  kg,  $M = 6,64 \cdot 10^{-27}$  kg, og Bohrs tal for  $k = 0,178$  samt  $\nu_s = 3,5 \cdot 10^{15}$  s<sup>-1</sup> bestemt ved optisk dispersion, at

$$dV/dx = -4,98 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1} \text{ for } V = 1,35 \cdot 10^7 \text{ m/s} \\ \text{og} \\ dV/dx = -2,61 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1} \text{ for } V = 1,75 \cdot 10^7 \text{ m/s.}$$

Bohr har (jan. 1913) fået hhv.  $-4,9 \cdot 10^7$  og  $-2,6 \cdot 10^7$ .

Ud fra Geiger og Taylors målinger skulle tallene være  $-5,4 \cdot 10^7$  (afvigelse 8–9 %) og  $-2,7 \cdot 10^7$  (3%).

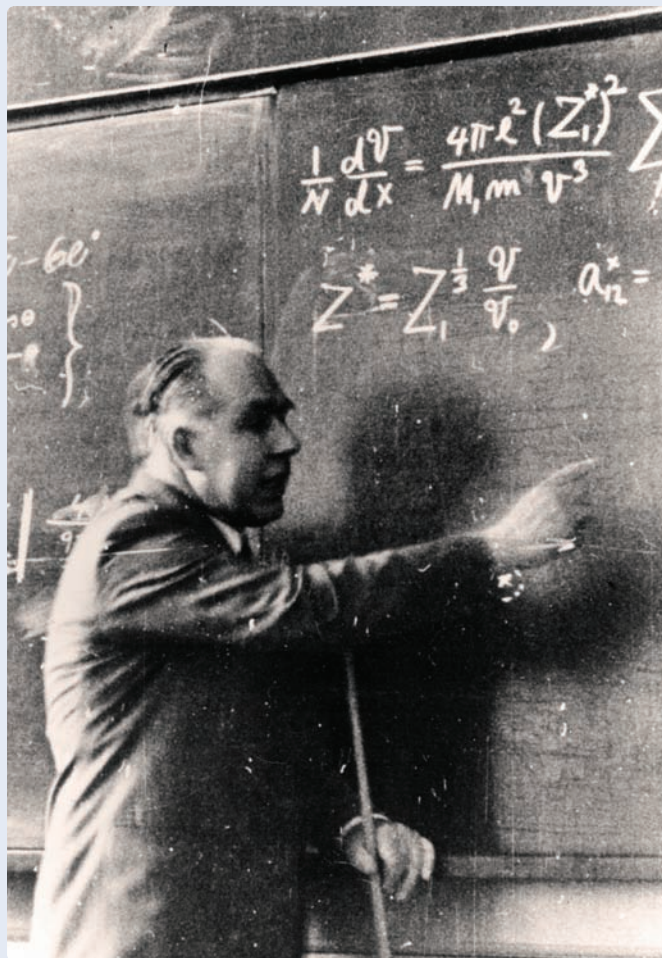
Men for Bohr er det egentlige perspektiv nok, at medens alfaspredningen har givet oplysning om atomets indre statiske bygning, så kan absorptionen give oplysninger om atomets indre dynamiske forhold, som Bohr udtrykker det. Partiklerne kan altså efter deres vekselvirkning med atomerne fortælle om, hvad de har mødt på deres vej. Svarende hertil vender Bohr rundt på formelen for  $dV/dx$ , så  $n$  og  $v$  bliver de ukendte. Således finder han for iltmolekylet, at det har  $n = 16,8$  elektroner, og at  $v = 1,5 \cdot 10^{17} \text{ s}^{-1}$  for iltatomets seks indre elektroner, idet man for molekylets fire ydre elektroner havde en værdi af  $v$  bestemt ud fra optisk dispersion. Til sammenligning anfører Bohr, at *"Ifølge Planck's og Einstein's Straalings teori har vi nu, at den mindste Energimængde, der kan udstraales fra et Atom svarende til Svingninger med Svingningstallet  $v$  er lig med  $h\nu$ , hvor  $h$  er Planck's bekendte Konstant  $6,55 \times 10^{-27}$ ".* Dette anvender Bohr til, ud fra den (i øvrigt teoretisk beregnede) karakteristiske røntgenstråling for ilt, at skønne en værdi for  $v$  for de seks inderste elektroner i iltatomet, nemlig  $v = 1,7 \cdot 10^{17} \text{ s}^{-1}$ . Bohr finder, at *"den nøje Overensstemmelse bestyrker ... den Antagelse, som vi have gjort, nemlig at de seks indre Elektroner i et Iltatom har samme Svingningstal pr. sec.; saaledes som de f. Ex. vilde have, dersom de var ordnet med et lige Mellemrum i en Ring der roterer omkring Atomets Kerne"*. Citater og tal er fra foredraget. I Phil. Mag. jan 1913 er tallene justeret, se boks 2.

Man vidste i øvrigt, at rækkevidden for betapartikler ca. er proportional med  $V^4$  (svarende til, at  $V_x^4 = V_0^4 - ax$ ), men for alfavartikler med  $V^3$ . Begge disse sammenhænge er i overensstemmelse med Bohrs formel (idet med tilnærmelse  $V^3 dV = a dx$  for betapartikler og  $V^2 dV = a dx$  for alfavartikler, jf. boks 3 sammenholdt med formelen for  $dV/dx$ ). En konsekvens af disse sammenhænge er jo i øvrigt, at mest energi, især for betapartikler, afsættes på det sidste vejstykke.

### København 1912–13

#### Trilogien

Lige hjemvendt til Danmark i sensommeren 1912, og som nygift med Margrethe Nørlund, fik Bohr en docentstilling ved universitetet. I februar 1913 er det så, at han kommer til at tale spektre med H.



Bohr forelæser over absorption, antageligt i 1930-erne. Man kan undre sig over, at den formel (på tavlen), som Bohr udledte i 1912, stadig holder vand efter indførelsen af kvantemekanikken. Det gør den så heller ikke helt; men Bohr havde været heldig at ramme ind et sted, hvor klassisk fysik var brugbart et langt stykke ad vejen, lige som han året efter var det med teorien for brintatomet, hvor klassisk fysik sammen med nogle forholdsvis enkle kvantehypoteser bar langt.

### Boks 2

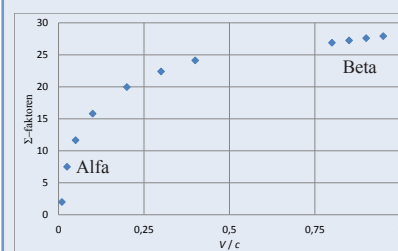
For ilt var blevet målt værdierne:  $(V, dV/dx) = (1,35 \cdot 10^7, -2,07 \cdot 10^8)$  og  $(1,75 \cdot 10^7, -1,24 \cdot 10^8)$  som med Boks 1 giver ligningerne

$$41,301n - \Sigma \ln v_s = 45,867$$

$$42,079n - \Sigma \ln v_s = 59,817$$

der ved en differens mellem to betænkeligt tætte tal giver  $n = 18$ , og  $\Sigma \ln v_s = 614$ . Fastholdes det, at  $n$  skal være 16, fås med fire elektroner med målt  $v = 3,6 \cdot 10^{15}$ , at  $v = 1,1 \cdot 10^{17}$  i gennemsnit for de 12 indre elektroner. I Phil. Mag. artiklen jan. 1913 har Bohr  $n = 18$  og  $2\pi v = 0,6 \cdot 10^{18}$  ( $v \approx 0,95 \cdot 10^{17}$ ).

### Boks 3



$\Sigma$ -faktoren er for alfavartikler ( $V/c < 0,1$ ) tilnærmelsesvis proportional med  $V$ , medens den for betapartikler ( $V/c > 0,9$ ) er tilnærmelsesvis konstant.  $\Sigma$ -tallene er for brint.

M. Hansen. Hans Marius Hansen, som er Bohrs jævnaldrende og ansat ved *Fysisk Laboratorium* på *Polyteknisk Læreanstalt*, er selv vendt hjem fra Göttingen, hvor han 1911–12 har arbejdet med den inverse Zeeman-effekt, som han nu skriver disputats om, og han kommer her til at åbne Bohrs øjne for Balmers formel som en nøgle til forståelse af brintatomet. Det er Bohr nok ikke utaknemmelig for, et tiår senere finder man i hvert fald H. M. Hansen i den lille håndfuld medarbejdere, som Bohr har samlet om sig på Blegdamsvej, og som også tæller bl.a. Hans Kramers og ovennævnte Hevesy.

Efter denne afgørende samtale med H. M. Hansen kastede Bohr sig ud i en lynhurtig omskrivning af første del af den artikel om atomers og molekylers struktur, som han så længe havde arbejdet på. Bohr beskriver her, hvordan han ser Plancks konstant, som har den rigtige størrelsesorden og benævnelse, som en mulighed for at give atomet en lineær dimension. Virkningskvantet hindrer så at sige, at atomet kolliderer. Man kan vel sige, at Bohr i 1912 indførte forholdet  $W_k = K\nu$  som en *stabilitetsbetingelse*, der nu, ved tilføjelse af faktoren  $\tau = 1, 2, 3 \dots$ , bliver til *kvantiseringens betingelse*  $W = \frac{1}{2} \hbar \omega$  (med  $K = \frac{1}{2} \hbar$  og med  $\omega$  for elektronens omløbsfrekvens fordi  $\nu$  nu skal forbeholdes strålingens frekvens). Her er, med indeks  $p$  for potentiel,  $W = |W_p + W_k| = |-2W_k + W_k| = W_k$  brintatomets energi (numerisk). Kvantiseringsbetingelse  $W = \frac{1}{2} \hbar \omega$  bliver så efterfølgende omformuleret til  $M = \hbar / (2\pi)$ , dvs. som en kvantisering af impulsmomentet.

Nu gik vejen til offentliggørelsen i *Philosophical Magazine* over Rutherford i Manchester, og det blev en enerverende test af Bohrs tålmodighed! Rutherford finder artiklen for lang. I breve 20. og 25. marts beder han Bohr om en eksplicit liste over afsnit, som kan bortskæres, eller tilladelse til selv at foretage beskæringen. Rutherford har tydeligvis ikke travlt med at sende artiklen videre. Brevet 20. marts indledes således med et ”Jeg har modtaget Deres manuskript og læst det med stor interesse; men jeg vil gerne se det mere omhyggeligt igennem, når jeg har bedre tid”. Senere i brevet foreslår Rutherford, at det efterprøves experi-

|      | 1 <sub>1</sub> | 2 <sub>1</sub> 2 <sub>2</sub> | 3 <sub>1</sub> 3 <sub>2</sub> 3 <sub>3</sub> | 4 <sub>1</sub> 4 <sub>2</sub> 4 <sub>3</sub> 4 <sub>4</sub> | 5 <sub>1</sub> ... 5 <sub>5</sub> | 6 <sub>1</sub> ... |
|------|----------------|-------------------------------|--|---|-----------------------------------|--------------------|
| 1H   | 1              |                               |  |   |                                   |                    |
| 2He  | 2              |                               |  |   |                                   |                    |
| 3Li  | 2              | 1                             |  |   |                                   |                    |
| –    | –              | –                             |  |   |                                   |                    |
| 10Ne | 2              | 4 4                           |  |   |                                   |                    |
| 11Na | 2              | 4 4                           | 1  |   |                                   |                    |
| –    | –              | –                             | –  |   |                                   |                    |
| 18A  | 2              | 4 4                           | 4 4  |   |                                   |                    |
| 19K  | 2              | 4 4                           | 4 4  | 1   |                                   |                    |
| –    | –              | –                             | –  | –   |                                   |                    |
| 36Kr | 2              | 4 4                           | 6 6 6  | 4 4   |                                   |                    |
| 37Rb | 2              | 4 4                           | 6 6 6  | 4 4   | 1                                 |                    |
| –    | –              | –                             | –  | –   | –                                 |                    |
| 40Zr | 2              | 4 4                           | 6 6 6  | 4 4 2   | 2                                 |                    |
| –    | –              | –                             | –  | –   | –                                 |                    |
| 54Xe | 2              | 4 4                           | 6 6 6  | 6 6 6   | 4 4                               |                    |
| 55Cs | 2              | 4 4                           | 6 6 6  | 6 6 6   | 4 4                               | 1                  |
| –    | –              | –                             | –  | –   | –                                 | –                  |
| 72 ? | 2              | 4 4                           | 6 6 6  | 8 8 8 8   | 4 4 2                             | 2                  |
| –    | –              | –                             | –  | –   | –                                 | –                  |
| 86Em | 2              | 4 4                           | 6 6 6  | 8 8 8 8   | 6 6 6                             | 4 4                |

Uddrag af Bohrs forslag til periodesystemets elektronfordeling december 1922. Øverst Hoved/Bi-kvantetal. Det ses, at der imellem 55Cs og 72 ? er plads til netop 14 lanthanider (differencen mellem de røde tal), og nummer 72 kommer efter dem. Nummer 72 må i stedet antages at have lighed med Zr. Erstatte 1<sub>1</sub>, 2<sub>1</sub>, 2<sub>2</sub>, 3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 3<sub>3</sub> ... med 1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 3d, ... og 4, 4 med 2, 6 og 6, 6, 6 med 2, 6, 10 etc. fås den nu accepterede fordeling.

mentelt, om ”Fowlers spektrum” skyldes He<sup>+</sup>-ionen, som foreslået af Bohr, eller brint. E. C. Pickering havde i 1896 fra stjernen ζ-Puppis fundet en spektralsekvens, hvori hver anden linje faldt sammen med en brintlinje, og A. Fowler havde i december 1912 fundet det tilsvarende spektrum i et udladningsrør med en blanding af brint og helium. Der står ikke i brevet, at offentliggørelsen af afhandlingen skal vente på dette eksperiment; men ud fra konteksten kan man godt forestille sig, at det er ønskeligt. I hvert fald bliver Bohr så foruroliget over korrespondancen med Rutherford, at han skynder sig til Manchester for at tale personligt med ham om sagen. I efteråret 1913 bliver det så i øvrigt eksperimentelt påvist, at Bohr har ret, men dog efter, at artiklens vigtige første del er blevet offentliggjort i juli.

### Nobelprisen

I 1922 fik Bohr så Nobelprisen for sine *Arbejder over Atomernes Bygning*, og ikke så mærkeligt bliver Bohrs Nobelforedrag en opfølgning af og sløjfe på emnerne fra

Trilogien og bør nok læses i den sammenhæng. I mellemtiden er mange ting selvfølgelig blevet mere afklarede. Det gælder fx elektronfordelingen i grundstofferne, se boks 4. Nu har Bohr og Sommerfeld indført både et hovedkvantetal  $n$ , svarende til det oprindelige kvantetal  $\tau$ , og et bikvantetal  $k$ , sådan at der for kvantetal-parret  $n_k$  er  $k$  mulige forskellige ellipsebaner  $n_1, \dots, n_k$ , nemlig en cirkelbane og  $k - 1$  egentlige ellipser med excentricitet  $> 0$ .  $k$  tillægges talværdierne  $1, \dots, n$ . Nu skal hver elektron have sin egen bane, og det antages at der er to  $1_1$  baner, fire  $2_1$  og fire  $2_2$  baner, seks  $3_1$  baner osv., otte  $4_1$  baner osv., i alt  $2n^2$  baner med hovedkvantetal  $n$ .

Nu var det så også sådan, at Hevesy (med Dirk Coster) umiddelbart før foredraget, faktisk afsluttet dagen før, ved hjælp af røntgenlinjerne havde påvist det i periodesystemet manglende grundstof nr. 72 i et præparat fremstillet fra zirkonholdigt malm. Slægtskabet med zirkon er i overensstemmelse med periodesystemet



og elektronfordelingen som foreslået af Bohr (jf. også boks 4) og er en foræring til Nobelforedraget. Renfremstillingen fulgte umiddelbart efter og også forslaget om navngivning af stoffet som hafnium. Men der følger også en strid med Frankrig. Her mener man at have fundet nr. 72 blandt de ”sjældne jordarter”, lanthaniderne. Det gør ondt i Frankrig, hvor man allerede har døbt stoffet celtium, Ct, at Bohr slutter Nobelforedraget med at forklare, hvorfor franskmændene tager fejl.

### Fysik og politik

Allerede i 1911 havde der været tale om at oprette et professorat i teoretisk fysik til Niels Bohr. Men da Bohr kom hjem fra England i 1912 blev det som nævnt kun til en stilling som docent med undervisning af medicinstuderende i fysik, og kun det, som opgave. Da Rutherford så i 1914 tilbød Bohr en stilling i Manchester takkede Bohr ja, og holdt fast ved det trods krigsudbruddet i august, men søgte dog kun orlov fra sit docentur. Her kom H M Hansen igen Bohr til hjælp, nu som vikar i docenturet.

I 1916 fik Bohr sit ønske opfyldt og blev udnævnt til professor i teoretisk fysik ved Københavns Universitet, dog sådan at han stadig skulle passe undervisningen af medicinerne! Det lykkedes dog at finde en finansiering udefra, så H. M. Hansen fortsat kunne gøre dette for ham. Og det lykkedes endda Bohr at få opførelsen af et nyt institut på Blegdamsvej igennem, dels for offentlige og dels for betydelige indsamlede private midler, hvor indsamlingen blev et kapløb med inflationen under Verdenskrigen, og endelig at få økonomisk støtte fra Carlsbergfondet til anskaffelse af en gitterspektrograf til 28.000 kr. Instituttet stod færdigt i 1921. Indtil da foregik meget af fysikundervisningen på Polyteknisk Lærestalt på Sølvtorvet, hvor Bohr så havde et meget lille kontor. En del af universitetets fysikundervisning kom dog fortsat til at ligge på polyteknisk/DTH til i hvert fald op i halvtredserne.

Verdenskrigen havde også rystet det internationale fysikermiljø. Mange blev politisk aktive i tyverne, og endnu flere i tredivernes brutale kulturkamp, flest

på venstrefløj. Pæne mennesker som fx Curierne i Paris og kredsen om dem var medlem af eller sympatiserede med kommunistpartiet. DKP'eren Ib Nørnlund, uddannet og en tid ansat på Blegdamsvej, var i hvert fald af pæn familie som nevø til Margrethe Bohr og søn af Nationalmuseets direktør. Andre venstreorienterede, som Rosenfeld, var i vekslende grad Sovjet-kritiske. Men Bohr selv ville aldrig offentligt markere sig partipolitisk eller positionere sig til venstre eller højre. Over for vennen Rosenfeld erklærede Bohr, at han havde svært ved at se det videnskabelige i den angiveligt videnskabelige marxisme. Bohr handlede politisk, fx til fordel for flygtninge fra Hitlers Tyskland og, under og efter Anden Verdenskrig, for åbenhed og imod a-våbenkapløb. Men ikke partipolitisk.

Bohr var kun en offentlig person så langt som han så et formål med det, og ellers et ret privat familiemenneske. Han var således kun dus med få medarbejdere. Han kunne godt, i hvert fald i tredivernes, finde på at invitere studerende, ved jeg fra en af dem, på en øl eller to hjemme på Gl. Carlsberg. Og man kunne godt have det sjovt. Men man sagde De til hinanden. Det fortælles, at en journalist forud for et interview spurgte, om han måtte sige du til Bohr, hvortil Bohr skulle have svaret at *”det må De gerne, hvis jeg bare må have lov at sige De til Dem”*.

Efter krigen og besættelsen var Bohr stærkt engageret i CERN og senere i projektet på Risø, og stadig god til at få ting igennem. På ét punkt fik Bohr dog ikke sin vilje. I 1954 havde man ved Aarhus Universitet, med den nyansatte matematikprofessor Svend Bundgaard som primus motor, etableret et naturvidenskabeligt fakultet. Bohr var imidlertid, lige som Københavns Universitets rektor, den nu næsten 70-årige H. M. Hansen, imod en udbygning af dette fakultet i Aarhus med forskning og kandidatuddannelser, fordi det efter Bohrs opfattelse ville sprede landets begrænsede resurser. Problemet var, at universitetets ledelse havde betinget sig Bohrs accept. Men den klarede Svend Bundgaard. På et møde hos undervisningsminister Bomholt 17. februar 1956, som var kommet i stand på Bundgaards initiativ, var der samlet et flertal for ud-

videlsen, hvortil Bohr skal have sagt, at *”så må det jo være mig, der tager fejl”*. Det kan så nævnes, at den først udnævnte nye professor i Aarhus var 34-årige Jens Lindhard, som havde arbejdet sammen med Bohr i København bl.a. om teorien for indtrængende ladede partiklers opførsel i faste stoffer (Electron Capture and Loss by Heavy Ions Penetrating through Matter, 1954), og det forlød i krogene, at han vist nok var Bohrs mand i Aarhus som skulle påse, at alt gik rigtigt til!

Det nævnte arbejde blev Bohrs sidste om emnet og afslutter dermed bind 8 af Bohrs samlede værker som bærer titlen The Penetration of Charged Particles through Matter 1912–1954. Fra sin nye position kom Jens Lindhard dog til at videreføre arbejdet inden for faststof-fysikkens rammer. Men den professor i fysik, der sad i Aarhus i forvejen, faktisk siden 1938, knapt 60-årige dr. phil. Sven Werner, som året før havde overrakt Bohr beviset for en æresdokortitel, klarede ikke de nye tider med de unge løver. Han havde ellers arbejdet hårdt for etableringen af fakultetet, men trak sig nu og fandt i stedet en stilling som atom-sagkyndig konsulent hos B&W.

Bohr blev jo forskånet for at opleve, at vi, Risø til trods, alligevel ikke ville have atomkraft i Danmark. Det ville have ærgret ham. Ud over at være en drivende kraft i fysikkens udvikling var han også optimist med hensyn til de løfter om velstand og fremgang for samfundet, som han mente, at den med fysikken følgende teknologi gav.

### PS

I Niels Bohr, *Atomer og kerner*, Rhodos 1985, findes de omtalte foredrag.

Professor Helge Kragh har i 2011-artiklen *Niels Bohr og Kemien* skrevet om Bohrs arbejde med periodesystemet, se [kemi2011.dk/upload/kemi2011/bohr.pdf](http://kemi2011.dk/upload/kemi2011/bohr.pdf).

Træk af naturvidenskabs historie i Aarhus er skrevet af Henry Nielsen i *Disse fag må lempes til verden*, 2004, se [au.dk/file-admin/www.au.dk/universitetshistorisk\\_udvalg/filer/Henry\\_Nielsen\\_-\\_Disse\\_fag\\_maa\\_lempes\\_til\\_verden.pdf](http://au.dk/file-admin/www.au.dk/universitetshistorisk_udvalg/filer/Henry_Nielsen_-_Disse_fag_maa_lempes_til_verden.pdf).