

J. K. Boyer

Jørgen Kruse Bøggild

30. juli 1903 – 28. september 1982

Af *N. O. Lassen*

Der var en tid i 40'erne, da man ofte kunne se Jørgen Bøggild stå i laboratoriet under højspændingshallen på Niels Bohr Institutet og betragte sit tågekammer. Det var et ganske stort kammer, omkring 25 cm i diameter. Det stod tæt ved det sted, hvor deuteroner, accelereret i højspændingsanlægget, ramte en berylliumplade, hvorfra der så udgik neutroner. Nogle af disse passerede gennem tågekammeret og kunne her give anledning til forskellige processer, bl.a. fissionsprocesser i et tyndt uranfolie. Det var disse fissionsprocesser, Bøggild interesserede sig for.

Fissionsprocessen består i, at en urankerne, som rammes af en neutron, bringes til at fissionere, dvs. den går omtrent midt over, og der dannes to nye kerner, fissionspartiklerne eller fissionsfragmenterne, som p.g.a. den elektriske frastødning slynges bort fra hinanden i diametralt modsatte retninger.

Bøggilds tågekammerbilleder af fissionsfragmenter var ikke de første, men det er nok de pæneste og bedste, der nogen sinde er taget. Bøggilds store fingerfærdighed, hans kunstneriske sans og hans tålmodighed forlenede ham med en eminent evne til at få tågekammeret til at virke, som tågekamre skal.

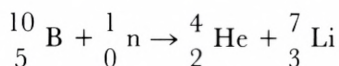
Undersøgelserne er beskrevet i flere noter i *Phys. Rev.* og i en afhandling i dette Selskabs *Mat. Fys. Medd.* 1940. Forfatterne var Bøggild, Brostrøm og Lauritsen; Niels Bohr var medforfatter til en af noterne. I andre tilfælde publiceredes samtidig i *Phys. Rev.* to noter, den første af Bøggild, Brostrøm og Lauritsen og den anden af Bohr. De drejer sig om et emne, som fysikerne med et morsomt udtryk kalder stoppeteori eller stopning. Dette emne havde interesseret Bohr og beskæftiget ham fra tid til anden det foregående kvarte århundrede og vedblev at have hans store interesse resten af hans levetid. Denne interesse virkede inspirerende, og det er næppe for meget sagt, at næsten alle danske fysikere af de lidt ældre årgange på et eller andet tidspunkt af deres liv aktivt har studeret stopning. Således også Bøggild.

Når en tung ladet partikel passerer gennem stof, vil den foretage sammenstød med stoffets atomer. Sammenstødene kan groft inddeles i to arter, dels elektronstød, dels kernestød. Disse navne er måske ikke særlig velvalgte, idet der i begge tilfælde er tale om en vekselvirkning mellem partiklen og hele atomet; men kun i tilfælde, hvor partiklen kommer ganske nær til kernen, vil denne blive nævneværdigt påvirket af sammenstødet, og vi taler så om kernestød. Fjernere sammenstød kan derimod resultere i, at en elektron slynges bort, medens kernen på grund af sin store masse bliver liggende, og vi taler så om elektronstød. Fordi kernen er så lille, dens diameter er 10000 gange mindre end diameteren af den omgivende elektronsky, er elektronstødene meget hyppigere end kernestød. For alfapartikler fra et radioaktivt stof sker der typisk 200000 elektronstød hen langs banen. I et tågekammer fortættes dampen omkring de dannede ioner i små dråber, og det er en sådan stribe af tætliggende dråber, der frembringer det synlige spor. For alfapartikler er sporet retlinet, fordi de lette elektroner ikke formår at afbøje alfabanen. Kun i sjældne undtagelsestilfælde ses et knæk på sporet, hidrørende fra et nært sammenstød med en kerne; denne får et skub og frembringer sit eget spor, der ses som en forgrening ud fra hovedsporet. Selv om banesporene ved første øjekast synes retlinede, vil en nøjere iagttagelse vise, at de nær slutningen af banen har tydelige krumninger i tilfældige retninger. Denne krumning skyldes, at der dog sker en del mindre voldsomme kernestød, særlig ved de små hastigheder nær enden af banen; enkeltvis giver disse stød ikke synlige knæk på sporet, endsige nogen forgrening, men når mange stød følger efter hinanden, ophobes deres virkning, også selv om afbøjningen fra de enkelte stød går i vilkårlige retninger.

På grund af deres høje ladninger ioniserer fissionsfragmenter meget kraftigere end alfapartikler, og deres tågekammerspor er derfor federe end alfapartiklernes. Men hvad der navnlig er iøjnefaldende ved fissionsfragmenternes spor, er de mange forgreninger. Medens det hører til sjældenhederne at se en gren på et alfa-spor, er det reglen, at der på hvert fissionsspor er mange grene, dvs. fissionsfragmenter har ofte sammenstød med kerner, hvorved disse får tilført stor energi. Bøggild, Brostrøm og Lauritsen kunne ved at måle længden af sådanne grene og vinklerne ved forgreningspunkterne bestemme fissionsfragmentets energi på de pågældende steder, og herved kunne de skaffe sig oplysning om rækkeviddeenergi kurven. Dog var antallet af identificerbare sekundærspor ikke ret stort, og Bøggild, Brostrøm og Lauritsen fik en bedre bestemmelse på en anden måde:

Fissionsprocessen er asymmetrisk; de to fragmenter er oftest ulige tunge. Det tunge fragment har den mindste energi og den korteste rækkevidde, men det har flest grene. Det lette fragment har større energi, større rækkevidde og færre, men stadig mange, grene. Bøggild, Brostrøm og Lauritsen talte antallet af grene, med længder inden for et vist interval, på forskellige steder af fragmenternes baner, altså som funktion af afstanden fra endepunktet. Ud fra studiet af 400 fissionsspør kunne de skaffe sig en statistik, og ved at sammenligne med en formel, angivet af Bohr, kunne de konstruere rækkevidde-energi kurven. Men for at få det hele til at passe, måtte de antage eksistensen af to grupper af fragmenter, svarende til den ovennævnte asymmetri.

Bøggild studerede fissionsfragmenter flere gange i de følgende år sammen med skiftende medarbejdere, Arrøe, Sigurgeirsson, Minnhagen, O. B. Nielsen. Ind imellem undersøgte han andre kerneprocesser, fx. sønderdelingen af bor med langsomme neutroner



en proces, som minder om fissionsprocessen, idet der også her slynges to partikler bort fra hinanden i diametralt modsatte retninger. Her var borkernen imidlertid til stede i selve gassen i tågekammeret, og man kan derfor ikke se, hvor sporene begynder. Men Bøggild fandt, at spor fra denne proces har den karakteristiske krumning i begge ender ved slutningen af såvel He-kernens som Li-kernens bane, og dette kunne han bruge til at identificere de søgte begivenheder blandt de mange uvedkommende rekylspor. Som beskrevet i Mat. Fys. Medd. 1945 kunne Bøggild konstatere eksistensen af to grupper af spor med forskellige længder, svarende til at Li-kernen blev efterladt i grundtilstanden eller i en anslået tilstand.

Jørgen Bøggild blev født i Hillerød 1903. Han var søn af lektor Adam Kruse Bøggild og Karen Bøggild, født Barfoed. Adam Bøggild var lektor ved Frederiksborg Statsskole, hvorfra Jørgen fik studentereksamen i 1921. Han blev magister i fysik fra Københavns Universitet i 1927, men allerede året før var han blevet assistent hos professor H. M. Hansen ved undervisningen af lægestuderende, som dengang foregik på den gamle Polytekniske Lærestalt på Sølvtorvet, men snart efter flyttedes til den nye bygning for Universitetets Biofysiske Laboratorium på Juliane

Maries Vej. Bøggild fik i 1930 Universitetets Guldmalje for en afhandling om det kontinuerte røntgenspektrum.

Bøggilds videnskabelige arbejde i trediverne var viet til studiet af højdestrålingen. Han byggede et ioniseringskammer, forbundet med et éntrådselektrometer, som han gav en særlig udformning, så det fik en meget kort svingningstid (0,2s) og en stor følsomhed. Han kompenerede ioniseringsstrømmen ved hjælp af et andet, modsat vendt ioniseringskammer forsynet med et radioaktivt præparat, og han kunne derved opnå, at elektrometertråden næsten stod stille, idet den dog fra tid til anden ville gøre et hop, for derefter atter at stå stille en tid. De kortvarige ændringer af ioniseringsstrømmen, som er årsagen til denne opførsel, de såkaldte Hoffmanns stød, skyldes byger af partikler, der samtidigt passerer gennem ioniseringskammeret. Dannelsen af sådanne byger afhænger af de stoffer og de stofmængder, som højdestrålingen passerer igennem, men bygepartiklerne absorberes også i de samme stoffer. Bøggilds undersøgelser foregik dels i kælderen under Biofysisk Laboratorium, dels i en lille træhytte, som han fik stillet op i nogen afstand fra bygningerne, og hvor der således ikke var beton eller andre tunge stoffer oven over ioniseringskammeret, undtagen hvad han selv anbragte der. Sine mange iagttagelser kunne han sætte i relation til en teori af Bhabha og Heitler; den lærte han at kende gennem sit personlige bekendtskab med Bhabha, som en tid var gæst på Niels Bohr Institutet. Undersøgelserne publiceredes i en række noter i Naturwissenschaften og i Bøggilds disputats, Über die sekundären Wirkungen der Höhenstrahlung, som kom i 1937.

I årene 1938-39 var Bøggild på studiebesøg i Pasadena, Californien, hos Anderson og Neddermeyer, som var berømte for deres tågekammerstudier af højdestrålingen. De havde kort forinden opdaget myonen, men var stadig på jagt efter flere billeder af højdestrålingspartikler. Midt i tågekammeret havde de anbragt et tællerrør; når det blev anslået af en ladet partikel, udløstes tågekammeret. Bøggild stod ved siden af, da et af deres mest berømte billeder blev fanget; det viser en myon, som ved ankomsten til tågekammeret bevæger sig med stor fart, hvilket ses af den ringe ionisation, der er mindre end for en hurtig proton; men efter at myonen har passeret tælleren, har den mistet så megen energi, at dens bane ender i tågekammergassen, og på denne del af banen ioniserer den meget kraftigere end en elektron. Bøggild har fortalt, at noget senere, da han skulle skille tågekammeret ad og rense det, var han så uheldig at tabe tælleren på gulvet. Så måtte han jo gå den tunge gang til Anderson og

beklage uheldet, men Anderson trøstede ham og sagde, at de ville alligevel ikke have fået et sådant billede igen i de næste tusinde år.

Kort efter sin hjemkomst blev Bøggild i 1940 ansat på Niels Bohr Institutet, og her udnyttede han, som allerede omtalt, sin ny erhvervede ekspertise m.h.t. bygning af tågekamre.

6. december 1943 blev Niels Bohr Institutet besat af tyske politisoldater, og Bøggild, som havde bolig på Institutet, blev sat i Vestre Fængsel. Efter et par måneders forløb blev dog såvel Institutet som Bøggild atter frigivet, og arbejdet kunne gå videre. Bøggild fortsatte også efter krigen sit videnskabelige arbejde, men samtidig fik han en del administrationsarbejde, idet han blev en af professor Bohrs nære medarbejdere, som bistod på bedste måde med bl.a. de mange sager i forbindelse med Institutets udvidelse. I hele denne periode og i de følgende mange år var Jørgen Bøggild som Institutets inspektør gennem sin venlige menneskelighed, sin humor og sin sunde dømmekraft med til at præge Institutets hverdag og dets udvikling.

I 1949-50 var Bøggild atter i Amerika, denne gang som gæsteprofessor i Rochester, hvor Bradt og Peters studerede højdestråling med en ny teknik, anvendelse af fotografiske emulsioner. Efter hjemkomsten fortsatte Bøggild med denne teknik, og med ham som leder startedes Institutets højenergiafdeling; i gruppen deltog Morten Scharff, John Hooper m.fl. Snart blev der etableret et samarbejde med Powells gruppe i Bristol og med andre grupper, bl.a. ved italienske universiteter. Pakker af fotografiske emulsioner sendtes med balloner 30 km op i atmosfæren, hvor de i nogle timer udsattes for højdestrålingen, og bagefter gik lange tider med at afsøge dem i mikroskop. I Mat. Fys. Medd. 1955 berettes om studier af K-mesoner. Senere var det især π - μ -e henfaldet, man interesserede sig for.

Afhængigt af, om pionen er positiv eller negativ, fremtræder en sådan proces på forskellig vis i de fotografiske emulsioner; men fælles for begge tilfælde er, at pionen fødes ved en kerneeksplosion, der viser sig som en »stjerne«. En tung atomkerne i emulsionen rammes af en energirig højdestrålingspartikel og eksploderer i mange dele, der slynges bort fra hinanden og giver mange mere eller mindre fede spor, som ikke er ret lange, måske op til omkring 100 μ . Blandt reaktionsprodukterne kan også være fx. en positiv π -meson, hvis spor kan være millimeterlangt, således at mange mikrofotografier må stykkes sammen i en mosaik, hvis hele sporet skal fremvises. Når π^+ -mesonen er kommet til hvile, sønderdeles den, og der fremkommer et spor af μ^+ -partiklen. Dette har en bestemt

længde, 600 μ , og ved enden af dette optræder et ganske tyndt spor af barnebarnet, positronen.

Medens Institutets eksperimentelle højenergigruppe i 50'erne benyttede teknikken med fotografiske emulsioner, som på høje bjerge eller i balloner udsattes for højdestrålingen, karakteriseredes de fortsatte fremgangsrigtige studier i 60'erne, under Bøggilds og Knud Hansens inspirerende ledelse, af, at man ikke længere var henvist udelukkende til den kosmiske stråling, når man ville studere energirige partikler, men sådanne kunne nu produceres i højenergiacceleratorer. Gruppen havde en overgang samarbejde med acceleratorlaboratoriet i Berkeley i Californien, men efter at proton synkrotronen ved CERN, det fælles europæiske laboratorium for højenergifysik i Genève, var kommet i drift, har gruppen sammen med grupper fra andre europæiske lande deltaget i mange undersøgelser, ved hvilke denne maskine har været udnyttet. Og nu var det atter en ny detektortype, som anvendtes, nemlig boblekammeret. Begivenheder i CERNs brintboblekammer fotograferedes med stereokameraer, og billederne udmålte ved de hjemlige laboratorier.

Bøggild har i tre anbefalelsesværdige populær-videnskabelige artikler i Naturens Verdens 1972, »På jagt efter partikler«, beskrevet de forskellige metoder, der har været i brug; den første artikel om tågekamre, den anden om fotografiske emulsioner, og den tredje om boblekammeret. På en måde afspejler de Bøggilds liv gennem en menneskealder. De indeholder, som han selv siger, en billedbog om partiklernes fødsel og død, deres børn og efterkommere. Her findes blandt mange andre også et boblekammerbillede, som endnu vækker nostalgisk begejstring hos gruppen på Blegdamsvej; det viser en 19 GeV protons sammenstød med en brintkerne i boblekammeret, hvorved foruden de to protoner dannes en K^+ - og en K^- -meson. Sidstnævnte standses og indfanges og danner sammen med en proton et atom. Dette omdannes til en Σ^- -partikel og en π^+ -partikel. Σ^- -partiklen indfanges, og der dannes et nyt atom, og ved dets henfald fås to usynlige (uladede) partikler, en Λ og en neutron (udsendt diametralt modsat). Vi ser dem alligevel, idet Λ omdannes til en π^- og en proton, og neutronen støder mod en proton, som får et rekyl.

Bøggild var igennem 15 år, 1956-1972, en af Danmarks to repræsentanter i CERNs Council, hvor hans indsats var meget påskønnet, også fra udenlandsk side, og har haft stor betydning for fysikken og specielt for dansk fysik. Han var i en årrække, 1964-1972, formand for det på hans initiativ nedsatte Acceleratorudvalg, og han havde i øvrigt flere tillidsposter, som han forvaltede dygtigt med sin humor og sin venlige imødekom-

menhed, men alligevel med sikre meninger og sund dømmekraft. Han var medlem af Direktionen af Landsforeningen til Kræftens Bekæmpelse 1957-1973, medlem af Atomenergikommissionen 1960-1969, og fra 1961 medlem af Akademiet for de tekniske Videnskaber.

I sine yngre dage havde Bøggild, som så mange andre fysikere, ved siden af sin egentlige stilling også arbejde på Radiumstationen. Endvidere var han i nogle år i 30'erne tilsynsførende ved de danske røntgenanlæg, i hvilken anledning han købte sig en Ford, så han bekvemt kunne komme rundt til landets sygehuse med sit dosismåleudstyr.

I sit otium var han stadig travlt beskæftiget, men som han engang betroede mig: Det er ikke med fysik ... Han arbejdede med mange former for kunsthåndværk, han lavede træsker med kunstfærdigt indlagte figurer i træet, eller mobiler med svævende fugle. De sidste år beskæftigede han sig især med at fremstille puslespil med brikker, der kunne have form af fisk eller fugle. Han talte om fliser. Fliser er ens brikker, som, når de lægges ved siden af hinanden, kan udfylde en sammenhængende del af planen. To forskellige brikker, som fx. kan være en blå og en rød fugl, kan tilsammen danne en flise. Af et antal sådanne fliser kan på en magnetplan dannes en mosaik. Deler man mosaikken i to grupper ved en kanal, som kan være lodret, vandret, eller gå på skrå, kan man ved at flytte rundt på de to grupper på forskellig måde frembringe huller af lignende, men ikke identisk, facon som de oprindelige brikker. Bøggild fremstillede brikker af denne nye form og kaldte dem børn af de oprindelige, fordi de ligner dem, men dog har deres egne træk. Han kunne fortsætte sådanne »Breeding Tessellations«, og derved frembringe børnebørn og oldebørn, ja, han nåede til det første og det andet tipoldebarn, hvorom han har skrevet i Naturens Verden 1979 no. 8. I 1980 havde han en udstilling på Kunstindustrimuseet.

Bøggild blev indvalgt i Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab i 1954. Han kom her hyppigt, hyggede sig her, og skabte hygge omkring sig.

En liste over Bøggilds publikationer offentliggøres i forbindelse med nekrologen i Fysisk Tidsskrift.