Lise Meitner – Hvorfor vi ikke må glemme hende

Anthea J. Coster

Lise Meitner er kendt for sin opdagelse af grundstof nr. 91, protactinium, i 1918 sammen med Otto Hahn. Hun var også den første til at observere Augereffekten, selvom dette ikke var hovedpunktet i den videnskabelige artikel, hun skrev i 1922. Effekten blev senere opkaldt efter Pierre Auger, som "opdagede" den i 1923 [1]. Før hun forlod Tyskland, var hun ansvarlig for de undersøgelser, der senere førte til de første observationer af fission, foretaget af Otto Hahn og Fritz Strassmann [2]. Sammen med sin nevø Otto Frisch fortolkede hun disse observationer [3], og gav dem navnet kernefission – et begreb hentet fra biologien (binær fission). Otto Hahn forklarede ikke sin observation, han rapporterede den blot. Det var Meitner, der forklarede processen, og satte den i en større sammenhæng[1].

Tiderne har ændret sig, siden jeg blev bedt om at skrive denne artikel, men tiderne ændrer sig altid. Jeg skriver denne artikel med følgende hensigt: Må dem, der læser den, reflektere over fortiden, se mod fremtiden og anerkende de mange lærdomme i denne korte beskrivelse af historien. Jeg håber, at artiklen vil give dem indsigt i, hvem Lise Meitner var, og en forståelse for, hvorfor vi fortsat skal fortælle hendes historie og anerkende hendes enorme bidrag til fysikken.

Lise Meitner var en af det 20. århundredes mest betydningsfulde kernefysikere. Når jeg ser på hendes historie, mister betegnelser som "mandlig" eller "kvindelig" betydning. Hun var simpelthen en af sin tids mest respekterede kernefysikere. Hun var en del af en gruppe, der talte navne som Wolfgang Pauli, Irène Joliot-Curie, Niels Bohr og mange andre. Hendes vej var ikke let, men der er ingen tvivl om, at hendes liv var fuldstændig dedikeret til at løse fysikkens mysterier.

Selvom hun blev nomineret til Nobelprisen 48 gange, blev det alene Otto Hahn, der i 1944 modtog prisen for opdagelsen af fission af tunge atomkerner. Selv nu, trods de mange prestigefyldte anerkendelser – herunder Enrico Fermiprisen[2], som hun modtog sammen med Hahn og Strassmann i 1966 – bliver hendes navn ofte overset. For nylig blev hun endda udeladt i filmen *Oppenheimer* [4].

Jeg hørte først om Lise Meitner fra min far, da jeg var en teenager (i slutningen af 1960'erne). På det tidspunkt var han i gang med at skrive sine erindringer til professor Ruth Lewin Sime, forfatteren af bogen "Lise Meitner: A Life in Physics" [5]. Professor Sime var begyndt at undersøge Lise Meitners historie, da det gik op for hende, at ingen kvinder var nævnt i de kemitekstbøger, hun brugte til sin undervisning. I særdeleshed blev Lise Meitners bidrag til forskningen overset. Professor Simes lange arbejde med at bringe Lise Meitners navn frem i offentligheden startede der, og offentlighedens genopdagelse af, hvor meget Lise Meitner har bidraget til videnskaben, er i høj grad hendes fortjeneste. For mit vedkommende havde min far sjældent talt om sine egne oplevelser under Anden Verdenskrig, men da han begyndte at genkalde sig sin viden om Lise Meitners flugt, begyndte han at dele sine observationer og familiehistorien med mig.

Familieforbindelsen er ganske simpelt den, at det var min farfar, professor Dirk Coster, som rejste ind i Tyskland i juli 1938 og eskorterede Lise Meitner over grænsen til Holland med et ugyldigt østrigsk pas. Fysiksamfundet, herunder Niels Bohr, Otto Hahn, Max von Laue, Adriaan Fokker, Peter Debye og mange andre, spillede alle en rolle i hendes flugt. For en som mig, der voksede op i Houston, Texas, adskilt fra min hollandske familie og historie, var dette en åbenbaring.

Lise Meitners tidlige år

Lise Meitner blev født i Wien, Østrig, i 1878 – en tid, hvor østrigske universiteter ikke var åbne for kvinder. Dengang blev piger i Wien normalt kun uddannet op til 14-årsalderen. Hendes familie var dog anderledes. Hendes far var advokat og en af de første jødiske mænd, der fik lov til at læse jura og praktisere. Hendes mor var musiker. Uddannelse blev anset som en vigtig værdi i Meitnerfamilien, og alle børnene fik en videregående uddannelse.

I 1897 åbnede de østrigske universiteter dørene for kvinder. På det tidspunkt begyndte Lise Meitner at læse op til den strenge adgangseksamen til universitetet, den såkaldte "Matura". I juli 1901, da hun var 23 år gammel, blev hun den ene af de fire kvinder ud af fjorten, der bestod denne eksamen. I oktober samme år blev hun optaget på Wiens Universitet, og var en af de første kvinder på fysikstudiet. Under sine studier tog hun mange kurser med den berømte teoretiske fysiker Ludwig Boltzmann, som troede på, at atomet kunne deles – i modsætning til mange samtidige videnskabsmænd, der mente, at Gud ikke havde tiltænkt det sådan.

I 1906 færdiggjorde hun sin doktorgrad i fysik og blev den anden kvinde til at opnå denne titel ved Wiens Universitet. Hendes afhandling, *Test af en af Maxwells formler*, blev rost af hendes vejleder Franz Exner som en "ikke helt nem" undersøgelse, som blev færdiggjort

[1] Artiklen er oversat fra engelsk af Maren Malling.

[2] Enrico Fermi-prisen er en videnskabelig pris, der gives til fremtrædende forskere af international status for deres forskningsresultater inden for udvikling, brug eller produktion af energi. Prisen blev etableret i 1956 af Atomic Energy Commission i USA.

"ikke uden eksperimentelle færdigheder". På trods af dette kunne hun efter sin ph.d. kun finde arbejde som ubetalt assistent i et af universitetets laboratorier.

Efter sin doktorgrad flyttede hun i 1907 til Berlin for at arbejde under Max Planck, hvor hun mødte Otto Hahn. Dette blev begyndelsen på et 30 år langt videnskabeligt partnerskab. Sammen undersøgte de radioaktive elementer, og i 1918 opdagede de grundstof nr. 91, protactinium. I 1922 beskrev Meitner den strålingsløse Augereffekt, men den blev ikke opkaldt efter hende. Sammen forklarede Otto Hahn og Lise Meitner også den rekyleffekt, som datterkernen oplever efter et radioaktivt henfald, hvor der udsendes en alfapartikel. I 1926 blev hun sandsynligvis den første kvinde i Tyskland, der fik titlen professor ved Kaiser Wilhelm Instituttet.



Figur 1. Tidligt foto af Lise Meitner i 1910, et par år efter at hun var flyttet til Berlin. Foto: Niels Bohr Arkivet.

Efter sin doktorgrad, fortsatte hun med at studere fysik. Særligt mødtes hun ofte med en jævnaldrende teoretisk fysiker, Paul Ehrenfest. Han havde fået ph.d.-graden hos Boltzmann et par år tidligere, og senere afløste han H.A. Lorentz som professor i teoretisk fysik ved Leiden Universitet i Holland. Han blev også min farfars ph.d.-vejleder og stærke støtte. I 1906 fortsatte Ehrenfest og Meitner sammen deres studier af Boltzmanns foredragsnoter og andre fysikeres arbejde, inklusive Lord Rayleighs. Det var i løbet af denne tidsperiode, at Lise Meitner var i stand til at løse et problem, som Rayleigh ikke kunne, og hun skrev rapporten "Some Conclusions Derived from the Fresnel Reflection Formula." Betydningen af denne rapport var, at den overbeviste hende om, at hun kunne gennemføre uafhængigt videnskabeligt arbejde, og gav hende den nødvendige tillid til sine egne evner. Det var dog også i løbet af denne periode i 1906, at professor Boltzmann tog sit eget liv. Efter dette bad Lise Meitner sine forældre om lov til at rejse til Berlin og studere under Max Planck.

I Berlin hos Max Planck

Da hun ankom til Berlin, var Max Planck dog ikke indstillet på at lade hende studere på universitetet, da hun allerede havde sin ph.d.-grad. Hun fik tildelt et lille laboratorium i kælderen, men hun blev ikke budt velkommen med åbne arme. Det var bogstavelig talt ikke tilladt for hende at gå op ad trapperne til bygningens højere etager, hvor de mandlige studerende arbejdede i deres laboratorier. Hendes laboratorium i kælderen var en tømrerstue med tre mikroskoper, som hun kunne benytte til at tælle alfa, beta og gammastråler. Mens hun arbejdede der, mødte hun Otto Hahn, som var en ung kemiker, der studerede radioaktive grundstoffer. Den 28. september 1907 blev starten på et 30 år langt videnskabeligt partnerskab. Sammen målte de systematisk betastrålingen fra alle radioaktive grundstoffer og studerede deres spektre. Over de næste 30 år fortsatte deres veje med at følge et parallelt opadgående spor.

Det er også værd at bemærke, at selvom dette måske ikke var så usædvanligt, som det ville være i dag, var hun afhængig af sin familie, som støttede hende med et månedligt beløb indtil 1912, hvor hun endelig fik en stilling, hvor hun skulle bedømme opgaver for Max Planck.

Lise Meitner tilbragte flere uger i Sverige som besøgende professor ved Universitetet i Lund i 1921, hvor hun var inviteret af Manne Siegbahn, som senere sad i Nobelpriskomiteen for fysik. Der mødte hun min farfar, Dirk Coster, som var postdoc hos Siegbahn, og min farmor Miep. Historien, der fortælles i min familie, er, at da hun så min farfar komme på arbejde på en søndag, skældte hun ham ud for at arbejde i stedet for at være sammen med sin kone og unge søn (min far). Fra da af tilbragte min farfar altid søndagen med familien.

I 1922 gav Lise Meitner sin tiltrædelsesforelæsning med titlen "The significance of Radioactivity for Cosmic Processes." I pressen blev den omtalt som "The significance of Radioactivity for Cosmetic Processes."



Figur 2. The Copenhagen Conference i 1936. Lise Meitner er nummer tre fra højre i forreste række. Foto: Niels Bohr Arkivet.

Alt i alt var 1920'erne og de tidlige 1930'ere en spændende tid for kernefysikken. Neutronen blev opdaget i 1932. Lise Meitner deltog i den vigtige "Copenhagen Conference" i 1932, 1933 og 1936, samt Solvay konferencen i 1933. Mange andre fotografier

dokumenterer Lise Meitner med hendes venner i Tyskland, blandt andre med Fritz Haber, Albert Einstein, Hertha Sponer (som senere blev den første kvindelige fysikprofessor ved Duke University i USA), samt Ingrid og James Franck. På et tidspunkt i 1930'erne blev det følgende fotografi taget af Niels Bohr og Lise Meitner i haven ved Carlsberg Æresboligen.



Figur 3. Niels Bohr og Lise Meitner. Foto: Niels Bohr Arkivet.

Da Adolf Hitler kom til magten I 1933, 21 år efter hendes første lønnede stilling i fysik, var Lise Meitner fungerende direktør for det kemiske institut (Kaiser Wilhelm-Institut for Kemi). Dette var fordi Otto Hahn, den officielle direktør, var på sabbatår i Amerika. Hendes officielle stilling var dog som leder af fysikgruppen på det kemiske institut. Måske fordi Kaiser Wilhelm Gesellschaft var en privat institution frem for en statsejet, og måske også fordi hun var østrigsk statsborger og en kvinde, blev hun ikke nødt til at forlade jobbet. I 1933 blev de fleste jødiske forskere dog fyret eller tvunget til at opsige deres stillinger, herunder hendes nevø Otto Frisch, Fritz Haber (direktør for hele Kaiser Wilhelm-Instituttet), Leo Szilard og mange andre prominente personer. I sine sene år skrev Lise Meitner: "It was not only stupid but very wrong that I did not leave at once."

I 1934 beskød Enrico Fermi uran med neutroner og producerede, hvad han troede, var de første grundstoffer tungere end uran. Meitner, Hahn og en anden kemiker ved navn Fritz Strassmann fulgte i Fermis fodspor. De begyndte at beskyde uran og andre grundstoffer med neutroner og identificerede en serie af henfaldsprodukter, der blev produceret.

Flugten fra Tyskland

For Lise Meitner ændrede alting sig i marts 1938, da Østrig blev annekteret i det Tyske Tredje Rige. Med øjeblikkelig varsel mistede hun beskyttelsen via sit østrigske pas. Det blev også klart for fysikerne omkring hende, at hendes situation ikke længere var sikker. På dette tidspunkt kom hendes forskerkollegaer hende til undsætning. Peter Debye, som var den nye direktør for Kaiser Wilhelm-Instituttet, skrev til Niels Bohr i juni 1939, og bad om hans hjælp til at skaffe en stilling til Lise Meitner udenfor Tyskland. Bohr sendte straks forespørgsler ud for at finde en stilling til hende. Min farfar, Dirk Coster, leder af fysikafdelingen i Groningen i Holland, fandt en stilling til hende, men kun betalt på postdoc-niveau. Adriaan Fokker i det sydlige Holland begyndte at arbejde på at skaffe hende adgang til Holland uden et gyldigt pas. På samme tid tilbød Manne Siegbahn hende en stilling i sit nye laboratorie i Sverige. På et tidspunkt i 1930erne blev fotoet herunder (figur 4) taget af hende sammen med min farfar og Nobelprisvinderen Max von Laue i Berlin.



Figur 4. Max von Laue, Lise Meitner og Dirk Coster i starten af 1930'erne i Berlin. Foto fra Ada Klokke-Costers familiealbum.

I Tyskland begyndte hendes venner at blive mere urolige for hendes sikkerhed. I slutningen af juni 1938 mødtes Lise Meitner i Debyes hjem i Berlin for at diskutere, om hun skulle rejse til Holland eller Sverige. Meitner besluttede sig for Sverige. Coster og Fokker fik besked om, at de ikke skulle fortsætte med at arbejde for at få hende til Holland. Flere alarmklokker ringede dog, da Debye og andre hørte, at en streng håndhævelse af forbuddet mod alle forskeres udrejse fra Tyskland var nært forestående. Den 4. juli 1938 mødtes Lise Meitner og flere andre igen i Peter Debyes hjem. Denne gang var Otto Hahn og Gustav Hertz også med. Sidst på aftenen blev Debye og Lise Meitner enige om, at hun måtte tage afsted med det samme. Den 6. juli 1938 sendte Peter Debye et kodet brev til min farfar om at komme og se på en assistent, og at det skulle gå hurtigt, da det var et SOS. Min farfar forstod dette straks, men før han kunne svare, skulle der arrangeres et særligt møde i det hollandske Videnskabernes Selskab (Dutch National Academy of Sciences) for at arrangere Lise Meitners immigration til Holland. De hollandske grænser var ikke

længere så åbne som tidligere. Før tilladelsen blev givet, kunne min farfar ikke arrangere sin tur til Tyskland. Den 11. juli 1938 besøgte min farfar og hans nabo (en hollandsk politiker) de hollandske grænsevagter for at informere dem om, at en person med et ugyldigt østrigsk pas ville passere grænsen om onsdagen. De forsikrede de hollandske grænsevagter om, at denne person havde særlig tilladelse til at komme ind. Dette blev gjort i håb om, at de hollandske grænsevagter havde et nogenlunde godt forhold til de tyske vagter og kunne forsikre dem om, at denne person ville blive accepteret af Holland uden problemer. Meget senere den dag ankom min farfar til Berlin og boede hos Debye-familien. Den 13. juli 1938 mødte Lise Meitner, tilsyneladende tilfældigt, min farfar på togstationen. Hun tog af sted med toget sammen med ham. Lige før hun tog af sted, gav Otto Hahn hende en diamantring, som han havde arvet fra sin mor, så hun kunne bruge den til at bestikke grænsevagterne hvis nødvendigt. Før de nåede til grænsen, tog min farfar ringen i sin lomme, hvis nu grænsevagterne kunne blive fristet til at tage den. Ved grænsen viftede vagterne hende dog igennem på trods af det ugyldige pas. De tyske vagter var blevet varslet. De ankom til Groningen klokken seks om aftenen, og min farfar telegraferede til Otto Hahn, at babyen var ankommet sikkert. På det tidspunkt spekulerede min farmor over, om de tyske grænsevagter måske havde antaget, at Lise Meitner bare var nogens kone frem for den fremragende forsker, hun var.

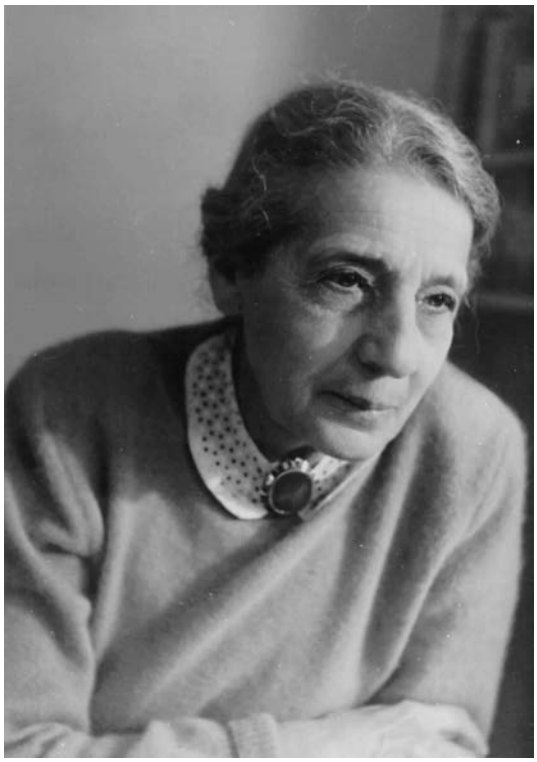
For at sætte det i perspektiv, så måtte Lise Meitner i en alder af 59 år forlade Tyskland med kun en lille kuffert og 10 mark i lommen. Hun måtte forlade alt, hun havde kæmpet for at bygge op uden nogen garantier, uden finansiel sikkerhed, og i en vis forstand springe ud i det ukendte. Hun måtte forlade sine kollegaer, Otto Hahn og Fritz Strassmann, og lade dem fortsætte uraneksperimenterne uden hende. Hun forlod Groningen kort derefter for at starte sin stilling i Sverige, et at de få lande, der ikke var overtaget af Tyskland under Anden Verdenskrig. På trods af denne distance holdt Lise Meitner konstant kontakt med Otto Hahn gennem breve. Hahn rapporterede deres første opdagelser med uran, som var forvirrende. Lise Meitner troede simpelthen ikke på dem, eller i hvert fald ikke på forklaringen på dem. Da Otto Hahn kom til Niels Bohrs institut i København i november 1938, tog Lise Meitner til København for at møde ham på togstationen. De talte sammen i timevis om disse eksperimenter. Hun overbeviste ham om at gentage eksperimenterne med de nødvendige kontrolforsøg. Hun troede simpelthen ikke på, at beskydningen af uran med en langsom neutron kunne producere radium.

I december 1938 fulgte Hahn og Strassmann hendes råd og gentog eksperimenterne med de nødvendige kontroller på plads. De fandt, hvad der så ud til at være isotoper af barium blandt henfaldsprodukterne. De kunne ikke forklare det. Barium er betydeligt lettere end uran, så det var et uventet og uforklarligt biprodukt. Hahn sendte et brev til Meitner, der beskrev det gådefulde fund.

Den teoretiske forklaring på processen blev givet af Lise Meitner og hendes nevø Otto Frisch juledag i 1938. Når uran beskydes med en langsom neutron, kan urankernen forlænges som en vanddråbe og derefter begynde at "klemme sammen" i midten, og endelig splittes i to dråber. De to dråber bliver drevet fra hinanden af deres elektriske frastødning med en høj energi, omkring 200 MeV. Denne energi kommer fra den masse, der er tabt. Meitner beregnede, at de to datterkerner samlet ville have en lavere masse end den oprindelige urankerne med en forskel på omtrent en femtedel af massen af en proton. Når denne masse indsættes i Einsteins berømte formel, $E = mc^2$, blev resultatet den nødvendige energi – 200 MeV.

To artikler blev udgivet hurtigt derefter. Den 6. januar 1939 offentliggjorde Hahn og Strassmann deres kemiske opdagelser af fission i Naturwissenschaften [2]. Den 11. februar 1939 publicerede Meitner and Frisch den fysiske fortolkning af processen, som de navngav fission, i Nature [3].

Den 16. november 1945 bekendtgjorde Royal Swedish Academy of Sciences (Kungliga Vetenskapsakademien), At Otto Hahn alene var blevet tildelt Nobelprisen i kemi 1944 for "hans opdagelse af fission af tunge atomkerner."På dette tidspunkt blev Otto Hahn tilbageholdt af briterne på Farm Hall. Otto Hahn anerkendte aldrig Lise Meitners rolle i opdagelsen. I 1966 tildelte the Atomic Energy Commission i USA Lise Meitner, Otto Hahn og Fritz Strassmann Enrico Fermi-prisen. Lise Meitner døde kort tid efter hun havde modtaget denne pris.



Figur 5. Lise Meitner efter krigen. Foto: Niels Bohr Arkivet.

Forfatterens løfte

Min interesse for Lise Meitner er kun vokset over tid. Jeg er overbevist om, at det er nødvendigt at vi fortsætter med at ære hendes væsentlige rolle i videnskaben og påtale det, hver gang hendes navn bliver utilsigtet glemt

eller udeladt. Mit personlige løfte er et gentage hendes historie når som helst, jeg bliver spurgt om det. En artikel som foreslår at omdøbe Augereffekten til Auger-Meitnereffekten [1], har vist sig at være et skub i den rigtige retning, eftersom navnet Auger-Meitnereffekten nu er ved at blive den accepterede terminologi. Et nyt musikstykke med titlen "In Her Element" er blevet skrevet af Francine Trester, og er en opsætning af fire digte skrevet om Lise Meitner, Rosalind Franklin, Patricia Bath and Jocelyn Bell Burnell. The Kendall Square Orchestra havde premiere på stykket i marts 2024 på the Sanders Theater i Cambridge, Massachusetts.

Som Albert Einstein engang sagde, så var Lise Meitner "den vigtigste kvindelige forsker i det 20. århundrede". Vi skal ære hendes liv og hendes bidrag til videnskaben, og på den måde lade hende være en rollemodel for dem, der kommer efter.

Disse historier er blevet fortalt til mig – de er ikke mine. Jeg udtrykker min taknemmelighed til alle disse mennesker:

Prof. Ruth Lewin Sime, lederen af indsatsen for et reetablere Lise Meitners plads i historien og forfatter til bogen "Lise Meitner: A Life in Physics".

Rosemarie Reed, instruktør af filmen "The Path to Nuclear Fission: The Story of Lise Meitner and Otto Hahn".

Min familie:

Prof. Dirk Coster (1889–1950)
Dr. Hendrik P. Coster (1919–1991)
Dr. Ada Klokke-Coster (1922–2012)
Prof. Els Postel-Coster (1925–2018)
Herman Coster (1930–)

Litteratur

[1] D. Matsakis, A. Coster, B. Laster og R. Sime (2019) "A renaming proposal: 'The Auger-Meitner effect' ", *Physics Today*, bind **72**, nr. 9, side 10–11. doi.org/10.1063/PT.3.4281.

[2] O. Hahn og F. Strassmann (1939) "Über den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle", *Naturwissenschaften* bind **27**, side 11–15. doi.org/10.1007/BF01488241

[3] L. Meitner og O.R. Frisch (1939) "Disintegration of Uranium by Neutrons: a New Type of Nuclear Reaction", *Nature*, bind **143**, side 239–240 . doi.org/10.1038/143239a0.

[4] K. Miller, Katrina (2023) "Why the 'Mother of the Atomic Bomb; Never Won a Nobel Prize", *The New York Times*, 2. oktober.

[5] R.L. Sime og R. Lewin (1997) "Lise Meitner: A Life in Physics", University of California Press.



Anthea Coster er seniorforsker og nyligt pensioneret vicedirektør ved MIT Haystack Observatory i Westford, MA. Her leder hun programmet for det globale navigationssatellitsystem med fokus på ionosfæren. Hun begyndte at arbejde med GPS i 1985, da der kun var fire GPS- satellitter i rummet. Hendes interesse for Lise Meitner udsprang af de historier, hun hørte fra sin far samt sine tanter og onkler.