# Hvad hændte med den kolde fusion?

*Bent Elbek, Niels Bohr Instituttet, Københavns Universitet*

**Sensationerne**

Videnskabens historie rummer mange eksempler på, at selv betydelige gennembrud er blevet overset, i hvert fald for en tid. Sådan var det ikke med den kolde fusion. Her var der fra hele affærens begyndelse i foråret 1989 fuldt projektørlys på begivenhederne og hektisk aktivitet i laboratorier over hele verden. Nu, et år efter, må man konstatere at sensationen er fuset, så den kolde fusion af de fleste betragtes som et bizart intermezzo i videnskabens historie, hvor alt for mange forsyndede sig mod en eller flere grundregler for god videnskabelig skik. Såsom, at man ikke offentliggør videnskabelige resultater på pressekonferencer eller, at man aldrig skal have så travlt med at publicere, at der ikke er tid til endnu en efterprøvelse af uventede måleresultater.

Lad os kort repetere det som skete. Den 23. marts 1989 meddelte to velrenommerede elektrokemikere, Martin Fleischmann fra University of Southhampton og Stanley Pons fra University of Utah, på en pressekonference om nogle overraskende iagttagelser. I et simpelt elektrolyseforsøg med tungt vand som elektrolyt og en palladiumstang som katode, havde de iagttaget overskudsproduktion af varme, produktion af neutroner og produktion af tritium. Disse fænomener har selvsagt intet at gøre med almindelige elektrokemiske processer, og Pons og Fleischmann konkluderede, at der i elektrolysecellens palladiumkatode var foregået fusion af deuteriumkerner ved reaktionerne

$$^2D + {}^2D \rightarrow {}^3He + n + 3{,}3\ MeV$$
$$^2D + {}^2D \rightarrow {}^3He + {}^1H + 4{,}0\ MeV$$

For at forklare den frigjorte varme postulerede man desuden forekomsten af en hidtil ukendt type kernereaktion. En kortfattet rapport om resultaterne blev samtidig med pressekonferencen sendt til et videnskabeligt tidsskrift[1].

Påstanden om, at man på så simpel måde og ved stuetemperatur kunne iværksætte kernereaktioner, var særdeles overraskende, i hvert fald for kernefysikere. Almindelig kernefysisk indsigt fortæller, at fusion af lette atomkerner til tungere enten kræver meget høj kinetisk energi af de fusionerende kerner, sådan som man opnår det i de store fusionsanlæg af Tokamaktypen, eller at de fusionerende kerner bringes meget tæt på hinanden, sådan som det sker i muon-katalyseret fusion, som er en faktisk forekommende type kold fusion, hvor en enkelt muon kan katalysere op til 150 fusioner[2].

Men selv om palladium er kendt for at kunne indeholde meget store mængder hydrogen, op til et hydrogenatom pr. palladiumatom, så er afstanden mellem hydrogenatomerne stadig omkring 3 Å, hvilket er meget større end afstanden mellem atomerne i et deuterium molekyle, hvor den er 0,74 Å. Og for $D_2$-molekylet kan man ved almindelige kvantemekaniske metoder beregne sandsynligheden for, at to deuteriumkerner fusionerer, omend med nogen usikkerhed[3]. Sandsynligheden findes at være omkring $10^{-64}s^{-1}$. Det vil sige, at man kan observere i mere end universets levetid uden at forvente at se så meget som en enkelt fusion i 1 g $D_2$, hvilket nogenlunde er den mængde, som var til stede i Pons og Fleischmann's palladiumstænger. Så normalt ville den fremlagte sensation formentlig hurtigt være blevet glemt igen. Den historie var *for* usandsynlig.

Men der skete mere. Samme dag som Pons og Fleischmann afholdt pressekonference indsendte et forskerhold fra Brigham Young University, også i Utah, en artikel[4] til *Nature* med titlen ''Observation of cold fusion in condensed matter''. Her fremlagde man observationer med et apparatur, som mindede om det af Pons og Fleischmann anvendte, idet katoden dog i visse eksperimenter var af titan. Observationerne viste en lille, men, efter forskernes opfattelse, signifikant flux af neutroner. Denne forskergruppe var under ledelse af Steven E. Jones og han er ikke en hr. Hvemsomhelst indenfor fusionsforskningen, som han har beskæftiget sig med i mange år. Han har blandt andet bidraget til vigtige undersøgelser af den muon-katalyserede fusion[2]. Artiklen fra Jones *et al* bærer imidlertid præg af at være blevet til i stor hast. Selv om der vises et spektrum, som kan fortolkes som evidens for neutroner fra den elektrolytiske celle, så er måleusikkerheden på grund af baggrundsstrålingen meget stor. Det er ikke nogen hemmelighed, at gruppen, da man fik kendskab til Pons og Fleischmann's resultater, fik meget travlt med at gennemføre tilsvarende undersøgelser indenfor et område den hidtil havde betragtet som sit eget.

**Manglende bekræftelse**

Med to anerkendte forskergruppe, som så ud til at bekræfte hinandens resultater, var der nu så meget hold i sagen, at ikke blot den sensationslystne presse, men også politikerne begyndte at interessere sig for den. Og selv om der fra videnskabelig side var mange reservationer overfor de fremlagte beviser, så var der dog få, som helt turde afvise, at man her kunne stå overfor noget ganske uventet af enorm betydning. Så verden over startedes et utal af eksperimenter som søgte at eftergøre resultaterne fra Utah, direkte eller med variationer. Her spillede det givet ind, at der var tale om simple eksperimenter, som ethvert nogenlunde veludstyret forskningsinstitut kunne stille op og gå i gang med indenfor få timer. I en tid, hvor de mest betydningsfulde nyopdagelser ser ud til at kræve investeringer i milliardklassen, omfattende samarbejde og store computere, var dette forfriskende, og mange erfarne forskere kastede sig med ildhu over det ny emne. De resultater der fremkom blev øjeblikkeligt kolporteret videre over de nye kommunikationsmidler telefax og bitnet og hele tiden var der skarer

af TV-reportere og journalister som kiggede med over skuldrene. Men de fleste resultater var negative. Man så ingen effekter ud over dem, som kunne tilskrives kosmisk stråling, naturlig radioaktivitet eller helt enkelt målefejl.

Der var dog også undtagelser. Blandt andet prøvede en italiensk gruppe ved det velkendte Frascati laboratorium en variant af forsøgene, idet den elektrolytiske celle var erstattet af en stålbeholder fyldt med titan-spåner, som så blev påfyldt deuteriumgas under højt tryk. Man udsatte så beholderen for forskellige termiske påvirkninger som varme og kulde. Eksempelvis blev den nedkølet med flydende nitrogen. Efter en sådan afkøling efterfulgt af langsom opvarmning til stuetemperatur iagttog man efter nogle timer en pludselig stigning i antallet af udsendte neutroner, som blev registreret i en detektor nær beholderen. Neutronemissionen varede ved i flere timer, hvorefter den langsomt ebbede ud.

**Hvordan modbevises en observation**

Der var også andre steder hvorfra man, mest som rygter, hørte om positive resultater. Men stort set udeblev bekræftelserne. Meget erfarne og veludstyrede grupper havde sat ind på at se en effekt, men man så intet. Efterhånden fremkom udførlige rapporter om sådanne undersøgelser, rapporter som levede op til sædvanemæssige krav om dokumentation og grundighed[5,6].

De gennemførte undersøgelser, som har haft betydeligt omfang, har gentaget de oprindelige eksperimenter med sådanne variationer som forekom rimelige: Bedre detektorer for stråling, bedre kalorimetre, omhyggelig kalibrering, reduktion af baggrundsstråling, og selvfølgelig generel agtpågivenhed overfor fejlkilder som svigtende elektronik, lækage i kabler og så videre. Resultaterne af disse undersøgelser har alle været, at de effekter som oprindelig blev rapporteret ikke har kunnet reproduceres. Hvis de i det hele taget forekommer må de i hvert fald være 10-100 gange svagere end påstået.

Det er imidlertid for denne type effekter på grænsen til det umulige at føre et eksperimentelt bevis for, at et andet eksperiment har været fejlagtigt. På trods af stor omhu kan man jo aldrig helt reproducere forsøgsbetingelserne; der kan i de oprindelige eksperimenter have optrådt specielle forhold som visse forureninger eller man kan have kørt eksperimentet gennem en anden cyklus. Men som det konkluderes i den store undersøgelse[5] gennemført på Harwell Laboratoriet: "Vi føler at vort arbejde har medvirket til at sætte klare grænser for ikke-observationen af kold fusion i elektrolytiske celler under meget omhyggeligt kontrollerede og velforståede betingelser og med brug af velbeskrevne materialer. Påstande om iagttagelsen af kold fusion bør nu opfylde en lignende standard for dataanalysen og materialebeskrivelsen, således at en ordentlig vurdering kan gøres." Med andre ord: Bevisbyrden ligger nu hos dem, som måtte påstå at have iagttaget kold fusion.

**Hvad har man lært?**

Affæren med den kolde fusion har på mange måder været lærerig. Den har vist, at det er med god grund, at videnskaben har strenge regler for, hvordan en videnskabelig opdagelse publiceres: Det sker først i et videnskabeligt tidsskrift og efter omhyggelig vurdering hos kyndige fagfæller. Man har også lært, at dagens hurtige elektroniske kommunikation spiller en stor rolle for spredningen af videnskabelige nyheder, men også for spredning af rygter og halve sandheder. Man har set, hvor vanskeligt det er for videnskaben at holde sin sti ren, når offentlighedens øje hviler på den. Og man har set, at mange konflikter lurer under overfladen, selv om videnskaben som regel udtrykker sig i urbane vendinger. I denne sag har der været konflikter mellem personer, som arbejder med samme emne (hvilket selvfølgelig ikke er ukendt), men også spændinger mellem kemikere og fysikere, mellem universiteter og forskningsinstitutioner og sågar mellem forbundsstater i USA.

Men der er selvsagt også positive ting at lære. Den store, dyre fusionsforskning, som tynger statsbudgetterne, har måske følt sin position truet. Men den er kommet styrket ud ved, at der i hvert fald ikke denne gang blev anvist en genvej til fusionsenergien. Affæren har også understreget, at der stadig er meget man ikke tilfulde forstår om forholdene i faste materialer, og at man skal være på vagt, når det gælder beregningen at ekstremt eksponentielle fænomener, som den kvantemekaniske gennemtrængning af potentialbarrierer. Varm fusion er kostbar, og endnu har man ikke helt kunnet bringe en hydrogengas til den temperatur og tæthed hvor den kernefysisk antændes. Kold fusion er en ønskedrøm, men den er faktisk realisabel som muon-katalyseret fusion, og det kan vel være, at den kuldsejlede kolde fusion giver nye impulser til den muon-katalyserede. Og endelig kan man da næppe udelukke, at der en dag kommer en ny ide til at opnå kold fusion, omend næppe på den måde, man for en kort stund troede i 1989.

*Referencer:*


1. M. Fleischmann and S. Pons, J.Electroanal.Chem. **261**, 301(1989)
2. En udmærket artikel om muon-katalyserede fusion er J.Rafaelski and S.E.Jones, Scientific American **257**, 84 (July 1987)
3. S.E.Koonin and M.Naunberg, Nature **339**, 690 (1989)
4. S.E.Jones *et al*, Nature **339**, 737 (1989)
5. N.S.Lewis *et al*, Nature **340**, 525 (1989)
6. D.E.Williams *et al*, Nature **342**, 375 (1989)





*Bent Elbek* dr.phil, professor ved Niels Bohr Instituttet, Københavns Universitet. Arbejder med eksperimentel kernefysik ved instituttets Tandem Accelerator Laboratorium ved Risø. Formand for Dansk Fysisk Selskab.