

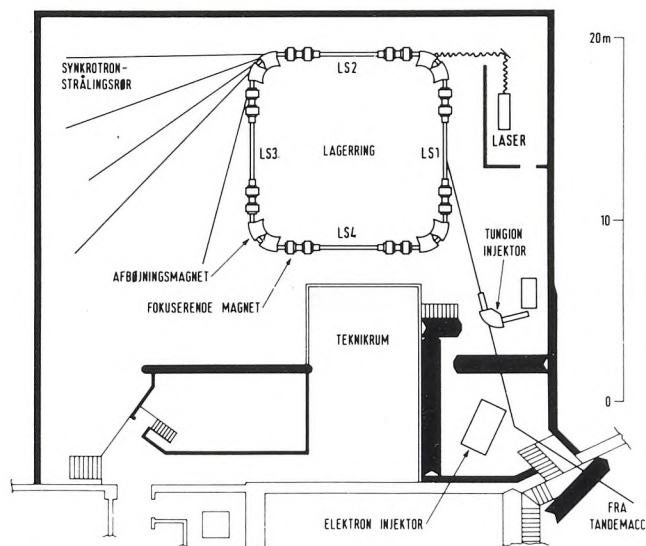
Lagerringen i Århus

Jørgen Friis Bak, Aarhus Universitet

I et nyt underjordisk laboratorium ved Det fysiske Institut ved Aarhus Universitet er Danmarks hidtil mest avancerede acceleratoranlæg - en lagerring - blevet taget i brug. Det blev indviet ved en lille højtidelighed den 14. marts i år. Anlægget giver nye og meget spændende forskningsmuligheder ikke blot indenfor fysik, men vil også være en værdifuld nyskabelse for kemiske og biologiske undersøgelser.

Hvad er en lagerring?

I en almindelig accelerator får en elektrisk ladet partikel fart på ved at passere et elektrisk spændingsfald. Ved hjælp af dipolmagneter og elektromagnetiske linser (quadropoler) styres strålen af ladede partikler i den ønskede retning. Hvis afbøjningsmagneterne arrangeres således at strålen kommer tilbage til sit udgangspunkt, er der mulighed for at partiklerne kan tage en tur til. Man har konstrueret en lagerring.



Figur 1. Grundplan af Aarhus-lagerringen. Partiklerne skydes ind i ringen i den lige sektion til højre, mens eksperimenter blandt andet vil finde sted i den lige sektion øverst på figuren.

Midt i magneterne indlægges et rør, der nedpumpes til lavest opnåelige tryk (ca. 10^{-13} atmosfære), da partiklerne i strålen ellers vil blive spredt og nedbremset af luftmolekylerne. Fra en mindre accelerator skydes hurtige elektrisk ladede partikler (ioner eller elektroner) ind langs ringens tangent, og afbøjningsmagneter tvinger de ladede partikler til at cirkulere i ringen. Omkredsen af Århus-ringen er ca. 40 m, og partiklerne foretager op til et flere millioner omløb pr. sekund.

I en ring med meget gode magneter og tilstrækkeligt godt vacuum kan partikler cirkulere i flere timer. En sådan

lagerring stiller naturligvis uhyre store krav til styring og stabilitet af alle lagerringselementer, da partiklerne tilbage-lægger enorme vejstrækninger. Elektroner bevæger sig således med en hastighed tæt ved lysets hastighed.

Lagerringen kan også anvendes som en accelerator, idet partiklernes hastighed kan ændres lidt under hvert omløb. Dette sker i et accelerationselement placeret i en lige sektion, hvor partikler ved hver passage får et spark. Efter mange passager kan der ved denne teknik opnås meget høje energier, men med små accelerationsfelter.

Genbrug af ioner - og stråling fra elektroner

Ioner fra sædvanlige accelerators kan kun bruges een gang og er derefter tabt. Lagrede ioner kan derimod genbruges, og det er derfor muligt at lave eksperimenter, hvor den samme ion undersøges over lang tid, idet den passerer det eksperimentelle udstyr, placeret i en af de lige sektioner i lagerringen, et meget stort antal gange.

Det er således muligt at påvirke ionen under en givet passage, og under de følgende passager kan man iagttage hvorledes ionen "husker" denne påvirkning.

Elektrisk ladede partikler, der accelereres, vil udsende elektromagnetisk stråling. Det kendes fra radioantenner og elektronernes hop mellem de enkelte baner i et atom giver anledning til udsendelse af synligt lys.

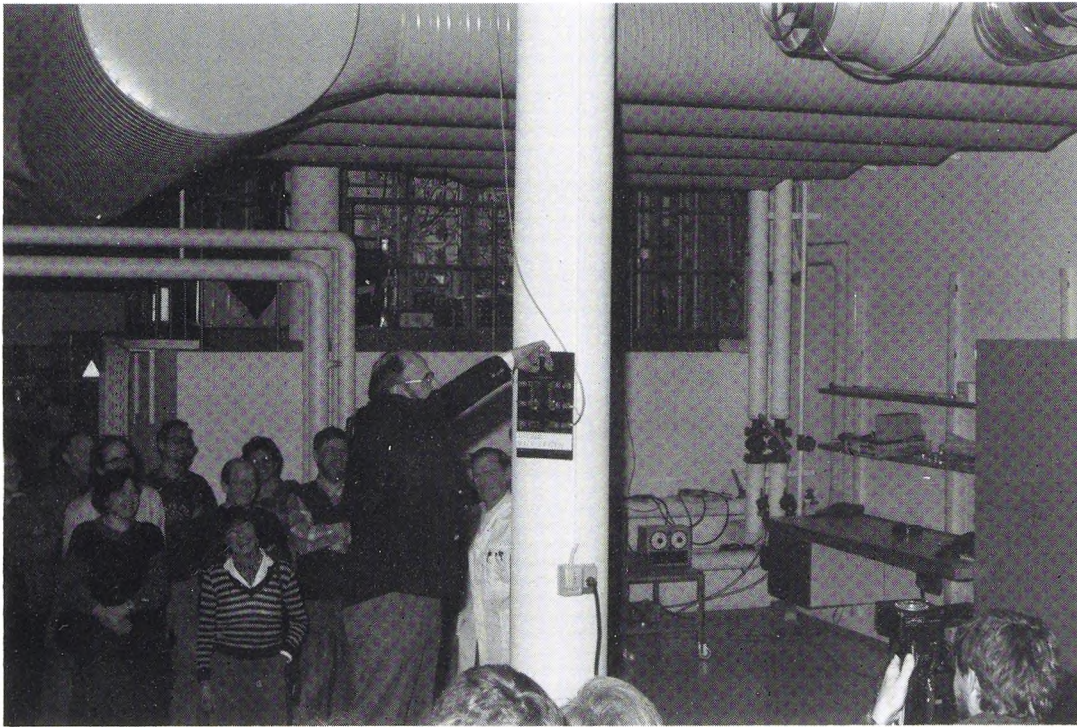
Elektroner, der afbøjes i lagerringens magneter, vil udsende den såkaldte synkrotronstråling, som resultat af denne afbøjning. Synkrotronstrålingen udsendes i form af synligt lys og røntgenstråling.

Under opsamlingen og accelerationen af elektronerne i lagerringen bliver de samlet i bundter. Hver gang et bundt drejer om hjørnet i en magnet vil der komme et glimt, hvorefter der er mørkt, indtil næste bundt kommer. Strålingen kommer ud fra hjørnerne i ringen og stort set kun i baneplanet. Lagerringen i Århus vil udsende røntgenstråling med en intensitet der er ca. 100.000 gange stærkere end fra et normalt røntgenrør.

Indvielsen af lagerringen

I begyndelsen af 1990 blev lagerringen taget i brug, og de første lagringer af tunge ioner har fundet sted. Lagerringen er blevet døbt ASTRID (Aarhus STORAGE RING, Denmark), og driften varetages af ISA, Institute for Synchrotron radiation, Aarhus University, der har en stab af fysikere, ingeniører og teknikere til varetagelse af den daglige drift.

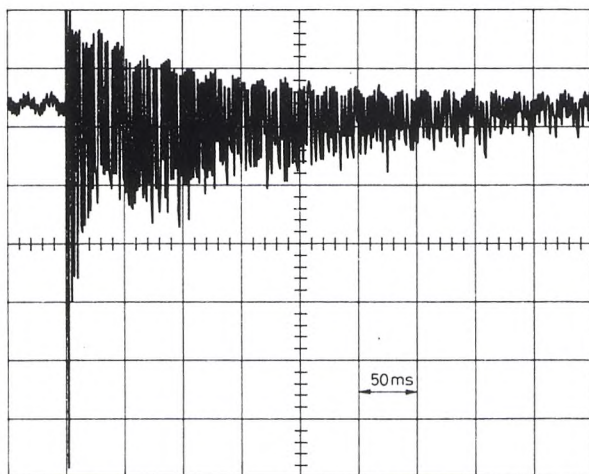
ASTRID blev indviet den 14. marts af rektor for Aarhus Universitet, Henning Lehmann, der slog hovedkontakten til og det blev iagttaget at ioner kunne lagres i 0,5 sek, svarende til at de løb 10.000 gange rundt i ringen og tilbagelagde 400 kilometer.



Figur 2. Rektor Henning Lehmann, Aarhus Universitet, indvier den nye lagerring ved at slå "ASTRID MAIN SWITCH" til.

I første omgang er lagerringen blevet konstrueret til lagring af ioner. I løbet af efteråret 1990 vil den blive udbygget, således at der også kan lagres elektroner, og maskinen vil så kunne tages i brug som synkrotronstrålingsanlæg. ASTRID vil skiftevis blive anvendt til lagring af tunge ioner og som synkrotronstrålingsanlæg.

Når elektrisk ladede partikler passerer forbi en metalplade, vil de inducere en strøm i pladen. Da partiklerne i ASTRID er bundtede vil det give anledning til et varierende strømsignal fra en sådan plade. Dette pickup-signal er en simpel måde til konstatering af om der cirkulerer en stråle i lagerringen.



Figur 3. Signal fra pickup-plader, der viser den strøm, som de cirkulerende partikler inducerer i disse plader ved deres passage.

Laserfysik ved ASTRID

De første eksperimenter ved ASTRID vil dreje sig om at studere hvorledes ioner og lys vekselvirker. Når et atom absorberer en foton, vil lysets impuls også blive overført til atomet. Impulsen virker i lysets retning. Ved absorptionen anslås atomet. Kort tid efter vil det udsende fotonen igen, og falde tilbage i grundtilstanden. Denne udsendelse vil ske i en tilfældig retning, og den tilhørende impuls vil derfor også have en tilfældig retning. I middel får atomet således et skub fremad.

Med præcist stabiliserede lasere er det muligt at lyse på atomerne på en sådan måde at kun atomer med en speciel hastighed vil kunne absorbere fotoner. Det vil således være muligt for eksempel at skubbe til de langsomste atomer, og derved klemme atomernes hastighedsfordeling sammen, ligesom en sneplov skubber en bunke sne sammen. De første eksperimenter ved ASTRID drejer sig om studier af fænomener af denne art.

Synkrotronstråling: Materiale teknologi og røntgenmikroskopi

Synkrotronstråling er et analyseværktøj med helt nye muligheder. I moderne overfladefysik sendes strålingen mod en overflade og absorberes, hvorefter elektroner udsendes. En analyse af elektronerne er et alsidigt redskab til at



Figur 4. Direktør for ISA, Erik Uggerhøj, beskriver lagringen, ASTRID, for rektor Henning Lehmann og formand for Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd, Mogens Nielsen.

undersøge overfladers struktur. Den udsendte røntgenstråling har en bred energifordeling. Det er ofte ønskeligt at have en veldefineret energi af den røntgenstråling, der bruges til en eksperimentel undersøgelse. Det kan opnås med en såkaldt monokromator, og ISA har allerede anskaffet en, der i øjeblikket befinder sig i Berlin, hvor der findes et synkrotronstrålingsanlæg. Om et par år vil denne monokromator blive flyttet til Århus.

I biologi og medicin stilles meget store forventninger til røntgenmikroskopi. Det almindelige lysmikroskops opløsningsevne er i mange tilfælde for dårlig, og elektronmikroskopet forudsætter tynde prøver, der er præparerede. Med et røntgenmikroskop kan undersøgelser foregå i luft, således at der kan anvendes våde prøver som for eksempel levende celler. Det vil ligeledes blive muligt ligefrem at følge udviklingen af en biologisk proces i en levende celle.

I moderne halvlederteknologi synes anvendelse af synkrotronstråling af være vejen frem, når mindre og mindre maskenetværk skal overføres til overfladen af et stykke silicium.

Med lagringen åbnes altså mange nye muligheder for studier i fysik, kemi, biologi samt materialeteknologi. Med projektet bliver det endvidere muligt for første gang i Danmark at accelerere partikler til højenergiområdet. Sådanne energier vil være yderst nyttige for opbygning og udvikling af udstyr til astro- og partikelfysik.

Synkrotronstrålingscentret udsender et nyhedsbrev. Første nummer er udkommet. Det kan fås ved henvendelse til centret.



Jørgen Friis Bak er kandidat fra Aarhus Universitet. Arbejdede herefter i en årrække med channelingeksperimenter ved CERN i Geneve. Er nu ansat ved det naturvidenskabelige fakultetssekretariat på Aarhus Universitet, og er desuden redaktør for KVANT.