

Fra kjernefysikk i 1950-årene til IT-utvikling i 1970-årene

Rolf Nordhagen *

I denne artikkelen fortelles historien om hvordan kjernefysisk forskning ved Universitetet i Oslo var med på å skape en data-industri som nesten ble en europeisk suksess.

Begynnelsen

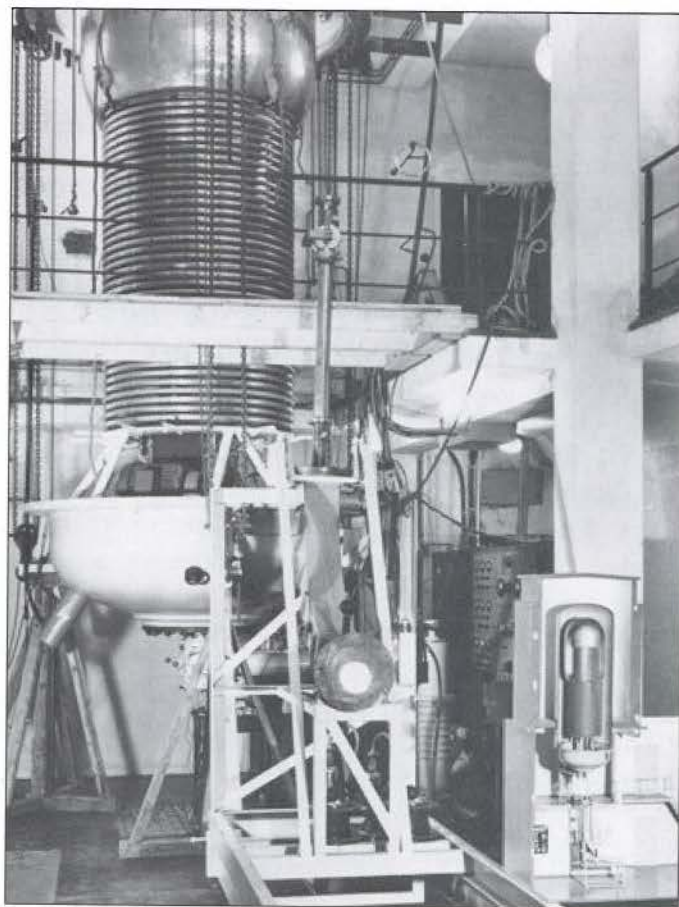
Under gjenreisningen etter krigen fikk Gunnar Randers overtalt Jens Christian Hauge og Finn Lied til å satse på at Norge skulle bli en ledende forskningsnasjon innen atomkraft, basert på rike uranforekomster i Evje i Setesdal. Institutt for Atomenergi ble opprettet, men under store protester fra professorene ved de etablerte forskningsmiljøene som hadde svære behov for midler etter stillstanden under krigen.

Uranet i Evje viste seg etter hvert ikke å kunne brukes. Men hollenderne satt på et parti uran, og et norsk-nederlandsk atomprogram ble fremforhandlet, så Kjeller-reaktoren ble et fellesprosjekt.

Initiativtagerne forsto at skulle et atomenergi-program bli vellykket, trengtes kjernefysikere. Norges Teknisk Naturvitenskapelige Forskningsråd (NTNF) bevilget nok penger til rimelig avansert utstyr ved universitene, og opprettet stipendiatstillinger. Fysisk institutt ved Universitetet i Oslo fikk et tilbygg inne i Fysikkbygningen med plass til en tidligere oppbygget liten Van de Graaff-akselerator, og finansiering av en større akselerator, en 3 MeV Van de Graaff, figur 1.

I dette tilbygget ble det også plass til de første gruppene i det som ble SI (Sentralinstitutt for Industriell Forskning), nå SINTEF Oslo. Datamaskinen "Nusse" ble også satt opp her hvor arbeidsmiljø med dagslys var ukjent. Dette skjedde i begynnelsen av 1950-årene.

Forskningen i kjernefysikk ble ledet av professor Roald Tangen, som hadde gjort seg kjent gjennom svært presise målinger i akseleratorlaboratoriet ved



Figur 1. Fysisk institutts 3 MeV Van de Graaff-akselerator under bygging. Kula ble ladet opp til høy spenning ved hjelp av elektrostatiske belter. Partikler fra et plasma av hydrogenioner, protoner, i kula ble aksellerert i vakuum mot mål på et bord ved foten av akseleratoren. Ved å variere energien kunne energinivåer i strålen eksiteres og utløse kjernereaksjoner.

Niels Bohr Intitutet i København. Ved Fysisk institutt var det også bygget opp et etter tiden avansert elektronisk laboratorium ledet av Jakob Sandstad. En viktig oppgave der var bygging av elektronikk for kjernefysikerne.

Målinger i kjernefysikk er helt avhengig av å kunne telle elektriske pulser. Opprinnelig ble dette gjort med geigertellere, små utladningsrør som gav

* EDB-sentret og USIT, Universitetet i Oslo.

fra seg en elektrisk impuls når de ble truffet av ioniserende høyenergetisk gammastråling.

Flere laboratorier for kjernefysikk

Ved utbyggingen av kjernefysikken i årene etter krigen ble det utviklet store laboratorier, særlig i USA og England, med nye og stadig mer funksjonelle tellere hvor pulsene ikke bare indikerte treff av stråling, men også hvor mengden av ladning inneholdt informasjon om energien som ble utløst i telleren. Med utbyggingen av kjernekraft og de mange høyenergilaboratoriene verden over, ble utstyr for kjernefysikk etter hvert et stort marked. De avanserte tellerne kunne derfor fås kjøpt, såvidt overkommelig, med forskningsrådets midler.

Tellernes pulser måtte telles, og måling av intensiteten i strålingen fortalte hva akseleratoreksperimentene viste om de kjernefysiske prosessene som var utløst. Ved elektronikklaboratoriet på Blindern var en av oppgavene å bygge pulstellere som kunne håndtere høye hastigheter. De ble kalt "scalere" fordi tellehastigheten ble skalert ned trinnvis. Det ble brukt en elektronisk pulsteknikk som må ha vært den første bruk av digital elektronikk her i landet. Den var opprinnelig utviklet av engelske radaringeniører.

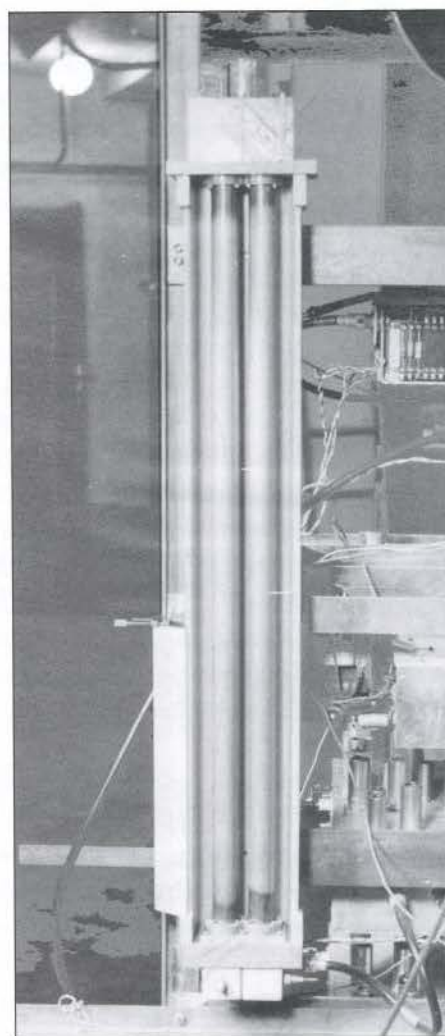
Vi studentene i Oslo, fikk "*Principles of Radar*" som lærebok. Teknikken bruker seriekoblede "flip-flops", "ja-nei"-kretser som flipper når en puls registreres, og flopper tilbake ved neste puls, samtidig som kretsen sender en puls videre, det vil si teller ned med 2. Vi kjenner igjen datamaskinenes registre som håndterer pulser på lignende vis. Flip-floppene heter nå "bits".

Disse første kretsene trengte 2 radiorør for hvert trinn, dvs. at en reduksjon på 128 trenger 8 par rør (8 bits), i datiden et stort antall og desto større krav til størrelse på enheten, strømforsyning osv. (Etter at transistorer og integrerte kretser ble utviklet, har dagens datamaskiner ti-tusener av bits i kretser og minne.) I disse første "scalerne" ble det satt inn en liten lyskilde i hver krets, som lyste opp når kretsen slo over. Siste trinn drev et elektromekanisk telleverk. Multiplisert med "scaling"-faktoren gav telleverket antall pulser utløst av kjernereaksjonen. Intens lysaktivitet i lampene og bråk fra telleverket, viste at man hadde funnet et reaksjonsnivå.

Adskillig vanskeligere ble det når pulsenes størrelse, ofte benevnt med "høyde", også skulle måles. Dette angav energien som strålingen etterlot i telleren. Mye smart elektronikk ble prøvet, og ble

mest vellykket med kretser som slo over når pulsene overskred et avsatt nivå, en diskriminator. Ved å la reaksjonen gå og flytte diskrimineringsnivået, kunne en måle ut pulsspektret, en trinnvis og meget tidkrevende prosess. Tidlig drømte kjernefysikerne om å kunne gjøre flerkansalmålinger med måleutstyr som sorterte pulsene etter høyde. En kjent engelsk fysiker greide å få pulsene til å skyte ut stålkuler mot et brett med oppsamlingskanaler, som dermed viste frem spektret, – en for øvrig meget langsom prosess med lav oppløsning.

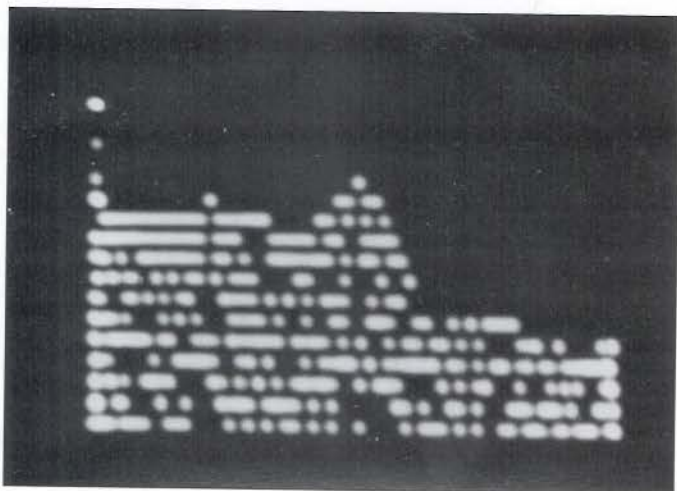
Jeg fikk ta hovedfag hos kjernefysikerne med en elektronisk oppgave, heldigvis i nært samarbeid med Sandstad. Vi fant en engelsk beskrivelse av en pulshøydeanalysator, fra Universitetet i Cambridge (Hutchinson og Scarrot), basert på bruk av et digitalt minne som så vanskelig ut, men var fristende å forsøke istedenfor konvensjonelle løsninger, se figur 2.



Figur 2. Pulsminnet ved Van de Graaff-akseleratoren var en dobbelt kvikksølv søyle med reflektor for ultralyd. Lyden ble generert og mottatt av kvartskrystaller i søylens fot. Søylens lengde var 1,8 m, og forsinkelsen var 1240 μ s.

Hemmeligheten bak slikt utstyr er minnet. I dagens datamaskiner tar vi det som en selvfølge at vi med stor hastighet kan lese inn og ut av et permanent minne. I den tidlige datautviklingen strevet man med å finne et egnet minne for hurtig inn/utlesning.

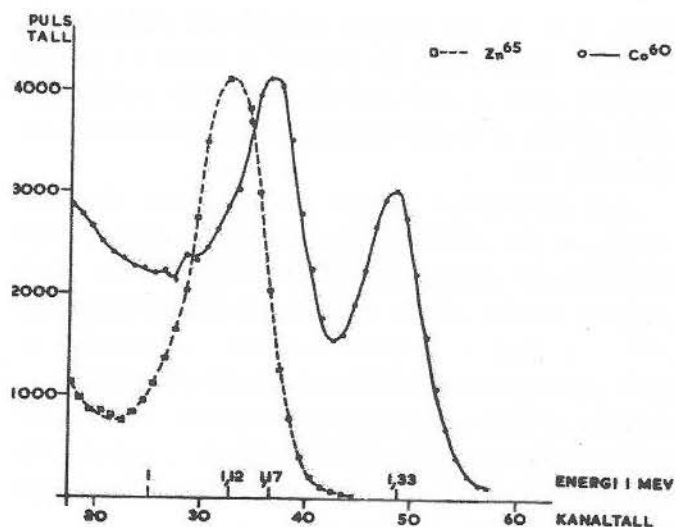
Magnetiske trommer var populære. De var store og tunge med langsomme lesehoder og var lite egnet i et laboratorieinstrument. Den valgte løsningen hadde en ultralyddrevet kvikksølv søyle. Den kunne lagre 1200 pulser som gjennom sinnrike elektroniske kretser kunne deles opp i kanaler. En puls som kom inn ble målt mot en nøyaktig tidsbestemt stigende spenning, og dette bestemte i hvilken kanal pulsen ble registrert i. Samtidig ble pulsene i minnet presentert på skjermen av et katodestrålerør oppdelt etter kanaler. Mens målingen foregikk kunne en se spektret bygge seg opp, noe ingen hadde sett før. Dette var trolig Norges første "display". Etter mye plunder fikk vi analysatoren i gang og i vellykket bruk til analyse av gammaspektre fra akseleratorbestrålte kjernereaksjoner. Dette var vår introduksjon til digital håndtering av pulsinformasjoner fra kjernereaksjoner, se figur 3 og 4.



Figur 3. Spektret av nukliden Zn65 med en karakteristisk gammastråling av energi 1,12 MeV. Horisontalaksen er delt i kanaler som gir pulshøyden, dvs. strålingens energi. Antall registrerte pulser i hver kanal angis som binære tall, og pulstallaksen blir logaritmisk i 2^n . Den typiske toppen i spektret er uttegnet i lineær skala i figur 4.

Med basis i dette arbeidet fikk jeg stipend for å videreutdanne meg innen høyenergi-kjernefysikk og arbeide mot en doktorgrad ved Syklotronlaboratoriet ved Universitetet i Liverpool, som den gang var et av de større akseleratorlaboratoriene i Europa.

Niels Bohr Institutet fikk europeiske midler til å finansiere unge forskere som forberedelse til å bygge



Figur 4. Spektra av de radioaktive nuklidene Zn65 og Co60, uttegnet i lineær målestokk. Disse nuklidene har meget karakteristiske gammaspektra som ble brukt til energikalibrering.

opp CERN, det europeiske høyenergilaboratoriet i Genève. Der var jeg i to år, men vendte i 1958 hjem for å bidra til det hjemlige miljøet. Johan Baarli, som da ledet programarbeidet i NTNF, skaffet meg en stipendiatstilling ved Fysisk institutt, hvor jeg vendte tilbake for å arbeide med elektroniske målinger ved Van de Graaff-laboratoriet.

Tidlig bruk av datamaskiner

Med måleutstyr innkjøpt fra instrumentmakerne ved kjernefysikklaboratoriet ved Universitetet i Utrecht, tok vi de første vinkelfordelingsmålingene av gammastrålingen fra kjernenivåer i silisiumisotopen Si28. Strålingen fra reaksjoner fra protonbestråling har retningsinformasjon fra strålen. I de nivåene vi undersøkte var strålingen så tydelig asymmetrisk at den burde være lett å analysere. Få hadde sett en så utpreget fordeling. Til dette brukte vi tabeller utregnet for mulige kjerneparametre. Vi måtte begrense søket med antagelser om mulige verdier på parametrene. Til tross for måneders strev fant vi ikke kjerneparametrene.

Vi samarbeidet med kolleger i Utrecht, hvor Phil Smith hadde lyktes i å programmere det fulle analyseprogrammet på en tidlig, hjemmelaget datamaskin hos Utrechts matematikere. Den var plassert i stuen i et privathus som universitetet eide. Inn- og utlesning var via hullbånd i teleprinter-koden Beudot. Minnet var et spesielt katoderør som satte, og holdt på, ladninger på en skjerm i røret. Styringen var med en ringeskive til en telefon. Vi fikk natten på oss og fant løsningen med et helt

annet sett av parametre enn de vi hadde prøvd tidligere. Settet var så spesielt at Utrechts professor Endt ikke trodde helt på resultatet. Dette var i 1959. Først etter flere målinger noen år senere, fant vi løsningen.

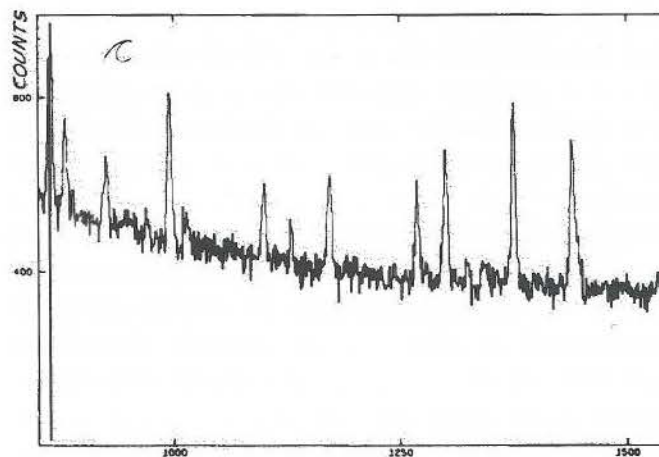
Nye målinger vi foretok noen år senere på denne strålingen fra andre kjernereaksjoner, viste at våre modeller for reaksjonene ble vesentlig ulike de vi tidligere hadde antatt. Uten støtte fra dataanalysen ville vi ha famlet i blinde. I mellomtiden hadde jeg laget det samme analyseprogrammet på hullkort for en IBM 1620-maskin som Universitetet installerte i 1962. Dette var mine første møter med den utrolige verdien å kunne bruke datamaskiner. Min verden snudde!

Neste trinn ved Fysisk institutt, var innkjøp at en kommersiell pulshøydeanalysator med flere kanaler og større driftsikkerhet, men fremdeles meget enkel. Vi fikk vite at *"This instrument is the simplest computer ever, it can only add one"*. Denne, og den lille Van de Graaff-akseleratoren, havnet på Norsk teknisk museum.

De første ordinære datamaskinene

Da de første ordinære datamaskinene kom til Universitetet i Oslo tidlig i 1960-årene, kunne vi gå videre og analysere målingene på helt nye og mer detaljerte måter. Da skjedde det også en fullstendig fornying av tellerteknologien. Halvlederteknologi gav tellere basert på materialene til transistorer, germanium og silisium. Tettheten var så stor at antall ioner registrert for hvert stråle treff ble høy, og dermed ble energispredningen av hver enkelt spektrallinje liten og oppløsningen høy. For full utnyttning av disse tellerne trengtes tusen kanaler eller mer, noe bare hurtige datamaskiner kunne håndtere, se figur 5.

Hos kolleger i utlandet begynte noen få laboratorier å koble måleutstyret direkte til de første små datamaskinene som kom på markedet, særlig minimaskinene fra firmaet DIGITAL. Vi var nå velkjent med denne teknologien, så da Forskningsrådet åpnet muligheter gjennom de første oljegavene ("draumkvedet") søkte vi om større og tyngre utstyr. Tilsynelatende hadde vårt akseleratorlaboratorium tilstrekkelig omdømme til at vi kom med på bevilgningene. Etter noe tvil tok vi sjansen og kjøpte en DIGITAL PDP-7 med utstyr, som ble levert i 1966. Dette var en av de første minimaskinene som ble levert i Norge; og vi måtte passe på ikke å bruke ordet datamaskin, men kalle den "digital



Figur 5. Mangekanalsspektrum fra en høyoppløsnings germaniumteller. Horizontalaksen angir kanalnummer (på figuren over 1500) som mål for pulshøyden, som etter kalibrering viser strålingens energier med stor nøyaktighet. Dette er et spektrum av den svake bakgrunnstrålingen fra thorium- og uran-mineraler i støpesanden i Fysikkbygningen.

prosessor", for ikke å havne i klørne på byråkratene som forsøkte å styre anskaffelser av datamaskiner.

PDP-7 var en interessant maskin. Den lærte oss å bruke avbrudd (interrupt). Når den registrerte en innkommende puls, hoppet den midlertidig ut av standardprogrammet som viste innholdet i minnet, og registrerte raskt pulshøyden før den gikk tilbake. Dette gikk fort nok til at høye hastigheter kunne håndteres. En liten dataskjerm viste innholdet som et spektrum. Videre hadde den direkte lesbare magnetbånd og kunne bytte program i minnet uten tidkrevende søking. Vi kunne legge inn flere funksjoner enn ren datainnsamling, og som vanlig gav leverandøren adgang til annen programvare utviklet for maskinen.

Som en kuriositet kan nevnes at til PDP-7 fikk vi også enkle dataspill som utnyttet dataskjermen som en variant av "Spacewar", et tidlig kjent spill fra MIT. Vi laget også noen spill selv. Barn på besøk var trolig de første i landet som fikk spille disse, i 1966.

Det ble bygget opp et "on-line" datamiljø rundt PDP-7, sammen med Finn Ingebretsen og Bernhard Skaali, og vi fikk mulighet til ytterligere utvidelser omkring 1970, se figur 6. Firmaet Norsk Dataelektronikk, senere Norsk Data (ND), var da kommet på banen. Vi utvidet med en Nord-1-maskin som vi brukte til videre analyse av dataene samlet inn på PDP-7, og koblet maskinene sammen. Denne Nord-maskinen ble dessuten brukt i undervisning i kybernetikk ved instituttet. (Norsk Data hadde for

øvrigt noen få salg til kjernefysikk og -kjemi, og fikk bruke vår programvare.)

Etter hvert var altså våre første famlende forsøk med digital teknikk i kjernefysisk måleutstyr blitt en viktig del av måleteknikken. De store nasjonale og internasjonale laboratoriene koblet flere og flere maskiner sammen i eksperimentene. Det store europeiske felleslaboratoriet, CERN, hadde rom fulle av DIGITAL-maskiner. En av våre forskere, Bernhard Skaali, programmerte maskinen ved Niels Bohr Instituttets akseleratorlaboratorium.

En viktig videreutvikling var standardisering av avanserte tilkoblingsenheter mot utstyret, såkalte "bus"-systemer. Vårt eget, enkle vises til høyre i figur 6. CERN utviklet et vesentlig mer avansert system, CAMAC, som var meget fleksibelt for tilkobling av standardiserte måleenheter, og agiterte for det som en standard. Vi satte hovedfagsstudentene på å utvikle CAMAC for vår Nord-maskin.



Figur 6. Finn Ingebretsen opererer PDP-7-installasjonen. Tilkoblingsenheterne er til høyre, og høyoppløsnings-pulsmåleren er øverst. Hyllene til høyre viser også vårt eget, enkle bus-system som i større målestokk ble erstattet av CAMAC-systemet.

Maskinparken ved CERN

I CERN skulle de fornye maskinparken rundt høyenergiakseleratorene og sendte ut en anbudsinnbydelse. Hos Norsk Data, som stadig strevet med å komme skikkelig i gang, fikk teknisk direktør Tore Alfheim tak i anbudsinnbydelsen, leste om et krav om tilkobling til CAMAC, og ringte om vi kunne hjelpe. Vår hovedfagstudent, Per Jørg Johnsen, ble utlånt, og sammen med Norsk Datas folk utviklet han det nødvendige utstyret. Norsk Data fikk kontrakten og ble et millionfirma til de rotet seg bort i 1988 ved å tviholde på sin egen teknologi og ikke gå over til åpne systemer. Verden gikk over til UNIX operativsystem som åpnet for bruk av standard programvare.

Hva ble lærdommen?

Kjernefysikkprosjektene ble startet som ren programforskning, men med full frihet innen feltet. Vi hadde bakgrunn fra vel ansatte kjernefysiske eksperimenter som gav oss viktige internasjonale kontakter, og vi var rimelig gode i våre spesialiteter. Forutsetningene for å kunne bidra med kommersielt nyttig forskning er kvalitet og kontakt med forskningsfronten.

En interessant detalj er at mens vi utviklet vårt datamiljø inndro Forskningsrådet den stipendiatstillingen jeg hadde. Heldigvis hadde Instituttet fått opprettet en laboratorieingeniørstilling på grunn av den økte aktiviteten. Denne ble redningen da en av kandidatene gikk over til IBM. Tydeligvis var Forskningsrådet ikke klar over potensialet vårt.

Et krav for å dra nytte av forskningen er altså relevante industripartnere. Vi var en hårsbredd fra å foretrekke sikkert og konvensjonelt utstyr. Ingen kunne forutse at satsingen på utdanning av kjernefysikere ved Fysisk institutt i Oslo, skulle føre til at et norsk datafirma fikk sin største internasjonale kontrakt drøye 20 år senere.

∞

Studér
fysikk!