



LUND UNIVERSITY

Och det blev ljus

Hur MAX-lab kom till, växte upp och blev stort

Forkman, Bengt

2001

Document Version:

Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Forkman, B. (2001). *Och det blev ljus: Hur MAX-lab kom till, växte upp och blev stort*. (Ugglan, Minervaserien; Vol. 1). Avd. för idé- och lärdomshistoria, Lunds universitet.

Total number of authors:

1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

OCH DET BLEV **LJUS**

Hur MAX-lab kom till, växte upp och blev stort

Bengt Forkman



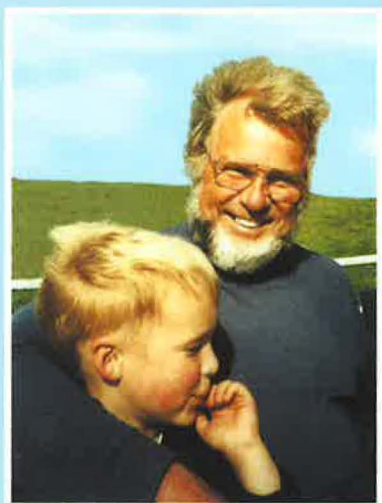


Foto: Boel Ruuth (1998).

Bengt Forkman har i central ställning arbetat och forskat vid de olika elektronacceleratorer som utvecklats i Lund och som lett fram till dagens MAX-lab. Under femtio år har han följt denna utveckling och ger här en skildring över MAX-labs bakgrund, uppkomst och tillväxt. Det är en spännande forskningshistoria med många aktörer inom accelerator-, atom- och kärnfysik men även en personhistoria där kända och mindre kända personers insatser lyfts fram. Utblickar ges till de nationella forskningsanläggningarna i Göteborg, Stockholm och Uppsala.

Tillsammans med sin hustru Barbro är han också känd för universitetsprojektet *Barn möter forskare*, där barn får möta forskare, höra föreläsningar, delta i experiment och ställa frågor.

OCH DET BLEV LJUS

Och det blev ljus

**Hur MAX-lab kom till, växte upp
och blev stort**

Bengt Forkman



LUNDS UNIVERSITET

Institutionen för Idé- och lärdomshistoria och Fysiska institutionen

©*Bengt Forkman* december 2000

Grafisk form: *Alf Dahlberg*; pan/eidos

Omslagsfoto: MAX-lab fotograferad från norr. Akademiska Hus-S

Tryck: Wallin & Dalholm 2001



Ugglan, *Minervaserien*.

I denna serie publiceras monografiska
undersökningar av idéhistorisk och
vetenskapshistorisk art

Ugglan, *Minervaserien* Nr 1

Redaktör: Gunnar Broberg

Lund Studies in the History of Science and Ideas. 2001

Avdelningen för Idé- och lärdomshistoria vid Lunds universitet,

Biskopsgatan 7 223 62 Lund

Denna volym är utgiven med stöd från FRN

Boken kan beställas från MAX-lab Box 118 221 00 Lund

Tel: 046-2229697, Fax: 046-2224710

Mer om MAX-lab och

Idé- och lärdomshistoria på

www.maxlab.lu.se resp www.kult.lu.se

Innehåll

Förord	11
Inledning	13
Då och nu	13
Dagens MAX-lab	14
Mer ljus	21
Hur uppkommer ljus?	21
Starkare än solen	22
Kunskap om ljus	25
Att accelerera elektroner	36
Fort, fortare, fortast	43
Principer för acceleratorer	43
Elektrostatiska acceleratorer	43
LINAC	44
Cyklotroner	46
Mikrotroner	49
Betatroner, synkrotroner och lagringsringar	51
Fotonen och atomen	52
Fotonen och kärnan	55
Kärnfotogruppen	56
Acceleratorsituationen i Sverige under 50- och 60-talet	59
Lund	59
Stockholm, KTH	61
Stockholm, Institutet för atomfysik, AFI	62
Uppsala, Gustav Werner-institutet, GWI	63
Göteborg	64
Fyra forskningscentra	65
CERN	66
Nya planer på acceleratorer i Sverige och i Norden	67
Sveriges deltagande i SuperCERN	68
Synkrotronlaboratoriet i Lund i kris	72

MAX blir till	74
Trådändar	74
MAX-projektet	77
Finansiering av nakna MAX (race-track+pulssträckare)	80
Forskningsplanering och organisation vid MAX	81
Ny organisation av forskningsråden 1977	82
Finansiering av dyrbar vetenskaplig utrustning	83
GWI-exemplet (Gustav Werner-institutet)	84
OSO-exemplet (Onsala rymdobservatorium)	84
Det nya NFR och dess internationella utvärderingar	86
MAX-projektet och den internationella utvärderingen	
av experimentell kärnfysik 1979	89
 Synkrotronljus – alla tiders ljus	91
Experimentella möjligheter med synkrotronljus	91
1:a, 2:a och 3:e generationens synkrotronljuskälla	91
Forskningsområden	94
Litografi, mikroskopi och selektiv fotografering	94
EXAFS	95
Ytstudier	97
Kinematik	97
Röntgendiffraktion av proteiner	97
Atomfysik	98
MAX – en synkrotronljuskälla?	99
Lucy död, Leve Max	102
 MAX växer upp	106
Norra apparathallen i M-huset, LTH, erbjuds MAX-lab	106
MAX-lab – ett nationellt laboratorium	112
Skilsmässa och bodelning	114
MAX I – ett lundensiskt konstantverk	116
Acceleratorteknik	117
Magneteknik	120
Vakuum, konstruktion och verkstad	123
Elteknik, styrteknik och mikrovågsteknik	125
Upplinjering och strålskydd	125
Datateknik	127
Administration, personalvård och sekreteriat	127
Övergripande service	128
Uppbyggnad av forskning med synkrotronljus vid MAX	129
Uppbyggnad av forskning inom kärnfotofysik vid MAX	132
Invigning av MAX-lab 1987	134

MAX gynnare	139
Ekonomi	139
Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse – K&AW	140
Riksbankens Jubileumsfond – RJ	143
Styrelsen för teknisk utveckling/Teknikvetenskapliga forskningsrådet – STU/TFR	145
Forskningsrådsnämnden (FRN) och big science 1977–87	145
Stiftelsen för strategisk forskning – SSF	149
MAX kusiner	151
Planer på NAC och utvecklingen av GWI, AFI och OSO under 80-talet	151
Nationellt acceleratorcentrum, NAC	151
Gustav Werner-institutet och Tandemacceleratorlaboratoriet blir The Svedberg-laboratoriet - TSL	152
Institutet för atomforskning, AFI, blir Manne Siegbahn-institutet, MSI	154
Onsala Space Observatory, OSO, och Swedish – ESO Submillimetre Telescope, SEST	155
Tredje generationens synkrotronljusanläggningar	156
European Synchrotron Radiation Facility, ESRF	156
Förslag om en gemensam nordisk synkrotronljusanläggning, Supermax	158
MAX får en storebror	161
MAX-II projektet formuleras och provas	161
MAX IIs finansiering	172
Goda råd är dyra	178
Rubinsteindebatten	178
FRN och big science 1988 – 99	180
NFR och MAX, MSI, OSO samt TSL under 90-talet	184
Nationella forskningsanläggningars organisation	184
Utvärdering av svensk fysikforskning 1992	187
Utvärdering av de nationella forskningsanläggningarna 1997	189
Expertgruppens värderingar	189
Styrgruppens rekommendationer	193
Ekonomisk utveckling under 90-talet	195
NFRs positionsdokument år 2000	200
MAX II börjar gå	203
Den nya acceleratorhallen	203
Konsten vid MAX-lab	207

Organisationen vid MAX-lab	210
Uppbyggnad av MAX II-ringen	212
MAX II invigs	218
Varthän går färden MAX?	221
Ledning	221
Pågående forskning i acceleratorfysik	221
Injektorsystem och MAX III-ringen	222
Pågående forskning med synkrotronljus	225
Proteinkristallografi	226
Röntgenlitografi	227
Högupplöst spektroskopi	228
Pågående forskning i kärnfotofysik	232
Att mäta smått och snabbt	235
Elektronstrålens profil i MAX-ringarna	236
Ultrasnabb uppsplittring av syremolekylen	237
(γ , pn)-reaktioner	240
MAX rötter och varför det blev ljus	243
Max-labs ursprung	243
Varför blev det ljus?	247
Några slutsatser	251
Bilagor	253
Personregister	261

Förord

Året var 1954. Det var en tid med stor framtidstro men också med stor oro. Den kärnfysikaliska vetenskapen hade utvecklats så snabbt under det gångna decenniet att den uppsplattades i två ämnesområden, studiet dels av atomkärnan och dels av atomkärnans beståndsdelar (protonen och neutronen). Den nya kunskapen erhöles genom att beskjuta atomkärnor med strålar från acceleratorer.

Platsen var fysiska institutionen i Lund. Institutionen hade fyra år tidigare flyttat till en ny byggnad med ändamålsenliga och spaciösa lokaler. Det var en fest och en glädje. På det nya Fysikum skulle det byggas acceleratorer för kärnfysikforskning. Lokal var inplanerad för en 3 MeV van de Graaff-generator.¹

I det närmaste till skänks erhöles Fysikum dessutom en 35 MeV elektronaccelerator från KTH i Stockholm. Den placerades i ett litet källarutrymme på institutionen som egentligen var ämnat till ett astrofysikaliskt laboratorium. Denna accelerator var uppmonterad och startklar när året 1954 började. Nu skulle det forskas.

Det är en märklig och spännande uppgift att försöka skildra hur detta lilla laboratorium vuxit upp till en stor nationell forskningsanläggning till vilken mängder av forskare från Sveriges alla hörn och från hela världen kommer för att utnyttja MAX-labs olika strålar. Uppgiften är rolig men den väcker också känslor över hur allt förändras och att det gamla aldrig kommer tillbaka.

Naturligtvis är denna bok en personlig skildring av MAX-labs historia, men min avsikt har varit att göra den så opartisk som möjligt. Mitt arbetsrum är fyllt av minnesanteckningar, brevväxling, föredragningar och protokoll från den största delen av tiden från 35 MeV synkrotronens start fram till nuvarande forskning vid MAX-lab. Förutom detta material har jag utnyttjat

¹ I fysiken anger man ofta partiklars energier i enheten elektronvolt, eV. En enkelladdad partikel får rörelseenergin 1 eV om den får löpa genom ett spänningsgap på 1 volt. Högre energier mäts i keV (tusent eV), MeV (million eV eller mega eV) och GeV (miljard eV eller giga eV).

protokoll och information från i första hand FRNs och NFRs arkiv. Men detta har inte räckt.

För att åstadkomma skildringen har jag också behövt hjälp av många personer. De kan delas in i två kategorier. Dels är det administratörer, forskare och tekniker som var på plats eller som var med att fatta beslut. Jag har intervjuat många och alla är de nämnda med namn i denna skildring. Jag vill på det varmaste tacka dem samtliga. Dels är det personer som är placerade centralt i nämnder, råd, stiftelser och styrelser och som har hjälpt mig med att få fram rätta dokument och givit mig upplysningar av stort värde. Här vill jag speciellt tacka Aina Lemne på FRN, Lena Engquist på MNF (LU), Elizabeth Olsson på NFR och Kerstin Hagwall på SSF. Lillemor Ekstedt på MAX-lab har som alltid på många sätt hjälpt mig.

Till FRN, som ekonomiskt välvilligt har stött mig i framtagningen av materialet och bekostat tryckningen av boken, riktar jag ett varmt tack. Ett särskilt tack riktar jag till Leif Eriksson, FRN, som i ord och handling uppmuntrat mig i mitt skrivande och samtidigt hårt drivit mig att hålla tidplaner.

För mig är det en stor heder att få utgivet denna bok i skriftserien Ugglan vid avdelningen för idé- och lärdoms historia, Lunds universitet. Jag riktar ett varmt tack till seriens redaktör Gunnar Broberg för hans generositet och vänlighet. Jag vill också tacka Alf Dahlberg för gott samarbete och hans skicklighet med den grafiska formgivningen.

Det största stödet har jag fått av och det varmaste tacket ger jag till Barbro, som under alla dessa år från 50-talets mitt stått och står vid min sida och som med sin klokhet och klarsyn hjälpt mig. Mina största stödjare efter henne är våra tre barn Peter, Boel och Kajsa och våra svärbarn Elisabeth, Bengt och Håkan. De har alla kommit med kloka råd under arbetets gång. Tack skall ni ha.

Lund i december 2000

Bengt Forkman

Inledning

Då och nu

Få har som jag haft förmånen att få studera fysik vid Lunds universitet under ett halvt sekel. Det mest frapperande är hur snabbt utvecklingen av kunskap och teknik hela tiden gått. Samtidigt är det imponerande att se hur staten (skattebetalarna) ekonomiskt stött denna utveckling och gjort det möjligt för forskningsinstitutionerna att ständigt utveckla sig. Man har insett att forskningsverksamhet är en viktig ingrediens i ett modernt samhälle. Ibland är det lätt att tycka att resurserna till den viktiga forskningen är för små, men i själva verket och betraktat i perspektiv har de varit stora.

Det är en himmelsvid skillnad mellan de primitiva resurser som stod oss till buds inom forskningen i början på 50-talet och de resurser som idag finns på MAX-lab. Det märkliga är att man även med primitiva metoder kunde erhålla unik och värdefull kunskap. Orsaken då var att forskningsfälten var nästan vita och ospårade. Liksom då vinnas i dag ny kunskap genom goda idéer. Dessa idéer ligger ofta i gränslandet mellan olika forskningsfält. Här finns det obruten mark. Därför är det lyckosamt att MAX-lab har utvecklats till en mångvetenskaplig forskningsanläggning.

En av MAX-labs största uppgifter är att låta unga forskare få arbeta nära varandra med utrustning som har högsta skärpa och som ger precisa resultat. Det är synnerligen viktigt att unga forskare får ett rikt kontaktnät och att det finns en mötesplats för dem. Det är betydelsefullt för framtiden att band knyts mellan människor från landets olika högskolor och att internationella kontakter skapas. Det är också viktigt att det finns nära samarbete mellan tekniker, forskare och administratörer. Människor med olika utbildning och erfarenheter kompletterar och berikar varandra.

Viktigast är att god forskning presteras. På MAX-lab finns idag samlad en unik och hög kompetens. Som en röd tråd genom MAX-labs historia löper det faktum att kompetens drar till sig kompetens. Allt tyder på att MAX-lab därför går en ljus framtid till mötes.

Dagens MAX-lab

Svenska forskare inom naturvetenskap måste ha möjlighet att arbeta vid avancerade forskningsanläggningar. Ofta är dessa så dyra att det är omöjligt för enstaka universitet och högskolor att själva driva dem. Därför har staten inrättat fyra nationella forskningsanläggningar:

- 1) The Svedberg-laboratoriet (TSL) i kärnfysik vid Uppsala universitet (UU).
- 2) MAX-lab i synkrotronljusforskning vid Lunds universitet (LU).
- 3) Onsala rymdobservatorium (OSO) i radiofysik tillhörande Chalmers tekniska högskola (CTH).
- 4) Manne Siegbahn-institutet (MSI) i atomfysik vid Stockholms universitet (SU).

Dessa fyra laboratorier har liknande organisation. Staten har givit Naturvetenskapliga forskningsrådet, NFR, anslag till driften av anläggningarna. Dessa uppgifter har nu övertagits av Vetenskapsrådet. Denna redogörelse skall skildra hur och varför MAX-lab kom till men eftersom dess historia är nära sammanvävd med utvecklingen av de andra tre i gruppen kommer även dessa att från och till beröras.

MAX-lab är baserat kring två lagringsringar för elektroner. När elektroner med höga energier cirkulerar runt i en lagringsring som har ett mycket gott vakuum producerar de synkrotronljus. Detta ljus utnyttjas av forskare inom skilda områden av fysiken, kemin, biologin och medicinen och även inom industri-forskning. Vi skall senare se varför detta ljus är så lämpligt för forskning.

Tabell 1 Verksamheten budgetåret 1999 vid de fyra nationella anläggningar som NFR hade ansvar för.

	Drift Mkr	Utrust. Mkr	Antal tjänster
TSL, accelerator	20,8	1,5	50
MAX, synkrotronljuskälla	16,5	1,9	32
OSO, rymdteleskop	15,0*	1,0	33
MSI, lagringsring	14,9	1,0	33

* drift av Onsala och SEST (Swedish-ESO Submillimetre Telescope, chilenska Anderna).

Elektronerna får sin energi i fyra steg. Först dras elektronerna ut från ett lämpligt material med hjälp av elektriska fält, för att bli fria ungefär på samma sätt som elektroner frigörs i elektronkanonen i en TV-apparat. Därefter accelereras de upp i en race-track mikrottron till 100 MeV (millioner elektronvolt) och leds sedan in i en lagringsring, MAX I-ringen. I denna ring passerar de fria elektronerna en gång per varv genom ett acceleratorgap, där de får ett energitillskott, och når upp till MAX I-ringens toppenergi av 550 MeV (se fig 14, sid 53). Till slut länkas de in i MAX II-ringen där de på liknande vis når upp till denna rings toppenergi 1,5 GeV (miljarder elektronvolt).

Race-track mikrottronen som varit i drift i mer än 20 år är försliten och kommer inom en snar framtid att ersättas med två linacs på 125 MeV igenom vilka elektronerna kan fås att passera två gånger och därmed uppnå 500 MeV. In i MAX I-ringen kommer man i framtiden att injicera elektroner av 250 MeV mot dagens 100 MeV. I MAX II-ringen kommer det liksom i dag att injiceras 500 MeV elektroner, men dessa kommer inte som nu först passera MAX I-ringen utan går i stället direkt från det nya injektorsystemet in i MAX II. De två ringarna kommer således att bli frikopplade från varandra, till fördel för de experiment som drivs vid dem. Till den nya injektorn kommer det också att byggas en ny lagringsring (MAX III) på 700 MeV för att tillgodose det alltmer ökade behovet av synkrotronljus inom det mjuka röntgenområdet. Den nya ringen kommer att ha flera förbättrade egenskaper jämfört med MAX I-ringen. Synkrotronljusforskning bedrivs vid både MAX I och MAX II.

MAX-projektet startades 1973 med en utredning och en anslagsframställning från kärnfotogruppen och elektronacceleratorgruppen vid fysiska institutionen, LU, ställd till dåvarande Atomforskningsrådet (AFR). Utredningen blev till som en följd av att AFR beslutat att dra tillbaka sitt stöd till 1,2 GeV elektronacceleratorn LUSY vid Fysikum i Lund.

Det var forskare inom dessa två grupper som först utvecklade MAX-projektet. Kärnfysikerna var i starkt behov av att kunna bestråla sina atomkärnor med monoenergetiska fotoner. Det normala sättet att få högenergetiska foto-

Tabell 2 Användningstid fördelad på brukare

Användare	MAX I	MAX II
Synkrotronljus	60%	85%
Kärnfysik	25%	—
Acceleratorfysik och underhåll	15%	15%

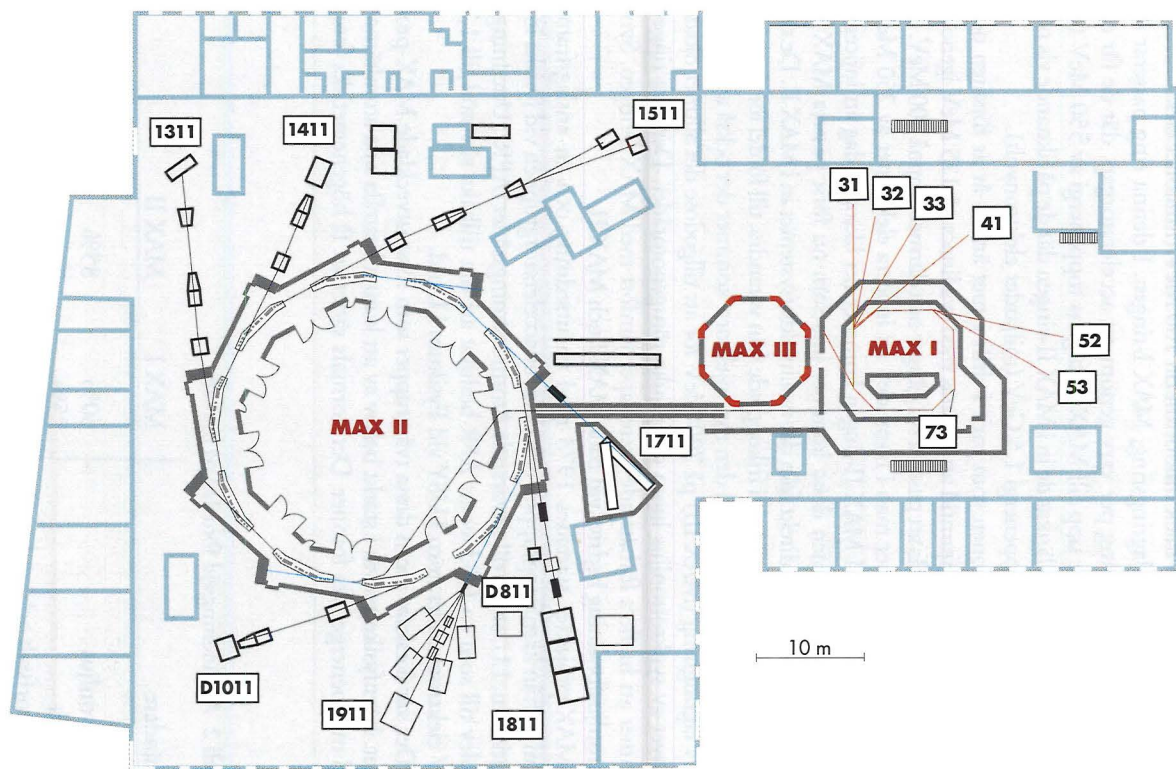


Fig 1 Planskiss över MAX-hallarna med den planerade placeringen av MAX III.

ner var att låta energirika elektroner bromsas upp i tunna metallfolier. Då får man bromsstrålning men den strålningen är långt ifrån monoenergetisk utan innehåller tvärtom fotoner av alla energier upp till elektronernas utgångsenergi. Dessutom är spektret ogynnsamt, ty det finns få fotoner vid de höga energierna och många lågenergetiska fotoner. Till råga på allt kommer elektronerna normalt i korta pulser från acceleratoren, vilket medför att fysikerna bedriver ett slags blyxforskning som gör resultaten ytterst svårtolkade.

För att komma runt alla dessa problem ville man först förvandla den korta elektronpulsen till en mycket lång puls som varade så länge att det var dags för nästa elektronpuls att komma. En sådan sträckning av elektronpulsen i tid kan ske i en pulssträckarring som i mycket liknar en lagringsring men är enklare eftersom elektronerna bara befinner sig inne i den bråkdelar av sekunder. När väl elektronpulsen var sträckt skulle elektronerna träffa sitt metallfolium och producera bromsstrålning.

Nu hade man kommit bort från blyxfysiken men fortfarande hade man inte monoenergetiska fotoner. Därför ville man med sinnrik teknik, där snabb elektronik utnyttjades, märka ut fotoner av bestämd energi i det kontinuerliga bromsstrålspektret. Det sker med en teknik som kallas för taggingteknik och som kommer att beskrivas senare.

Dessa tankar ledde år 1974 fram till den nämnda ansökan till AFR, som efter två års utredningar tillstyrkte ansökan under förutsättning att närmre hälften av kostnaderna erhöles från andra finansörer.

Synkrotronljuset uppfattades först av acceleratorfysiker som en besvärlig biprodukt, som stal energi från de accelererande elektronerna, men forskare blev snart varse att ljuset ägde flera synnerligen goda egenskaper som ljuskälla inom hela spektrum från infrarött ljus, IR, till röntgenstrålning, X-rays. Vid flera stora acceleratorlaboratorier började man under senare hälften av 60-talet utnyttja denna strålning för experiment. Även vid LUSY i Lund påbörjades sådana experiment i början på 70-talet.

År 1975 hölls en nordisk konferens om synkrotronstrålning i Göteborg, som samlade upp forskarnas intresse och visade på de stora möjligheter som fanns inom detta forskningsområde. Konferensen fick stor betydelse för MAX-projektet, inte för att man hade svaret på om det fanns behov av och önskemål om en nordisk synkrotronljuskälla, utan för att man ville analysera de eventuella behoven och ställa frågan, om LUSY var användbar för ändamålet eller skulle kunna bli det genom en ombyggnad. Under konferensen ställdes också frågan, om MAX-projektet kunde utökas till att innefatta en lagringsring för produktion av synkrotronljus.

Konferensens initiativtagare och organisatör var Per-Olof Nilsson från CTH. Han hade redan påbörjat synkrotronljustexperiment vid LUSY med

Werner Stiefler från MAX-lab som teknisk rådgivare och fick vid konferensen i uppdrag att utreda frågorna ytterligare.

Detta ledde till att maskingruppen inom MAX-lab analyserade frågan och gjorde ett förslag till design, där den planerade pulssträckarringen för 100 MeV elektroner även kunde drivas som en 550 MeV elektronlagringsring.

Det är när elektronerna passerar ringens böjmagneter som de sänder ut synkrotronljus. Om synkrotronljuset skall ha användbara egenskaper måste de lagrade elektronernas energi överskrida många hundra MeV. Först då får ljuset tillräcklig intensitet och ljusets spektrum når ner till tillräckligt låga våglängder för att intressera materialfysiker. Detta innebar att en accelerationskavitét måste installeras i ringen som lyfte elektronernas energi till det högre värdet och därefter lagrade dem vid denna energi.

Maskingruppens förslag ledde i sin tur i januari 1978 till en ansökan till NFR som 1979 tillstyrkte projektet.² Två år därpå införde NFR synkrotronljusfysik på sin prioriteringslista.

Under utvecklingsfasen drevs projektet inom fysiska institutionen vid Lunds universitet, men 1981 bröt universitet ut MAX-lab ur institutionen och organiserade det som ett nationellt forskningslaboratorium med egen styrelse. Samtidigt ställde universitetet ändamålslämpliga lokaler till förfogande inom M-huset på LTH.

MAX-lab stod färdigt hösten 1986 och invigdes i januari 1987. Under de närmsta åren utvecklades och installerades en serie strålrör (beamlines) vid anläggningen och forskningsaktiviteten steg raskt. Samtidigt förbereddes planerna på en tredje generationens ljuskälla med en ny elektronring på 1,5 GeV, där ljuset som används, i första hand inte produceras inne i böjmagneterna utan i stället i optiska element av typ undulator och wiggler placerade i ringens raksträckor. Dessa planer resulterade 1989 i en ansökan till Forskningsrådsnämnden, FRN.

Därmed startades en intensiv aktivitet, för att få ansökan utvärderad av internationell expertis, för att förprojektera en ny byggnad, för att på olika vis övertyga FRN, NFR, Lunds universitet, Universitets- och högskoleämbetet (UHÄ) och Utbildningsdepartementet om planernas bärighet och för att informera och diskutera planerna med företrädare för K&A Wallenbergs stiftelse. Redan i januari 1991 beslöt regeringen att den planerade byggnaden skulle uppföras och MAX II-ringen skulle byggas. I september 1995 invigdes det nya laboratoriet.

² P-O Nilsson och A Flodström *Uppbyggnad av en nationell synkrotronstrålningskälla (inom ämnesområdet fasta tillståndets fysik, atom- och molekylfysik); Bilaga: Förslag till uppbyggnad av en nationell synkrotronstrålningskälla*, Författare: M Eriksson LU, A Flodström LiH, B Forkman LU, P-O Nilsson CTH, W Stiefler LU 1978-01-26. Ansökan ställdes till NFR och löd på totalt 444 kkr under en treårsperiod.

Föreståndare för MAX-lab är sedan den 1 juli 1997 Nils Mårtensson, internationellt känd för sin forskning om metaller och metallytors fysik.³

Basen i hela MAX-lab är acceleratorfysikgruppen med Mikael Eriksson som ledare. Denna grupp har utvecklat och designat samtliga accelerators vid MAX-lab ända sedan början på 70-talets mitt och skaffat sig kunskap om acceleratorfysik av absolut högsta internationella klass. Under de fjorton år som laboratoriet har varit i drift har det mötts med allt större internationell respekt. Konceptet som acceleratorfysikgruppen utvecklat innebär skapandet av en högpresterande synkrotronljuskälla till ett måttligt pris. Man har koncentrerat konstruktionen på ljusets kvalitet, men gjort något avkall på flexibiliteten hos anläggningen. Konceptet har tilldragit sig stor uppmärksamhet internationellt och blivit ett föredöme för konstruktörer vid andra synkrotronljusanläggningar.

Staben vid MAX-lab har av naturliga skäl vuxit under senare år. Den är dock liten i förhållande till laboratoriets storlek och i jämförelse med andra synkrotronljuslaboratorier. Förutom acceleratorfysikavdelningen finns det en administrativ grupp och en servicegrupp för gästforskarna.⁴ Avdelningen för synkrotronljusfysik ligger liksom kärnfotogruppen under Fysikum. De forskningsresultat som erhållits under de gångna åren är betydande. I MAX-labs årsrapport 1999 redovisas 181 artiklar som publicerats i internationella facktidsskrifter och under åren 1998 och 1999 har 31 doktorsavhandlingar och 7 licentiatuppsatser ventilerats.

På många olika sätt har MAX-lab utvecklats lyckosamt och uppfyller de krav som ställs på en nationell forskningsanläggning. Hit samlas forskare med intresse för synkrotronljus från de flesta universitet och högskolor inom landet. Hit kommer också ett stort antal forskare från övriga Norden och en lika stor grupp från övriga Europa. Här finner man också forskare från de andra världsdelarna. Även kärnfysikforskningen vid MAX-lab har varit framgångsrik och lockat till sig forskare från en rad länder i Europa, USA och Australien. I årsrapporten nämns att antalet forskare inom synkrotronljusfysik, kärnfysik och acceleratorfysik, som bedriver forskning vid MAX-lab år för år har ökat från invigningen 1987 till 1999 från 100 till 530.

³ Under MAX-labs utvecklingsfas 1973–1981 var jag ordförande i projektgruppen och projektansvarig. Som nationell forskningsanläggning har MAX-lab under åren haft tre föreståndare, först jag själv under 1981–1991, därefter under 1991–1997 Ingolf Lindau, LU, professor i synkrotronljusfysik och från och med 1997 Nils Mårtensson, UU, professor i metaller och metallytors fysik. Även tre ordföranden för MAX-labs styrelse har funnits: Bengt E Y Svensson, LU, professor i teoretisk fysik, under 1981–1984, Indrek Martinsson, LU, professor i atomspektroskopi, under 1984–1988 och länsrådet Lennart Linder-Aronson, Malmöhus län, efter 1988-11-11. Allt sedan 1976 har Mikael Eriksson, LU, professor i acceleratorfysik 1983, varit teknisk chef för MAX-projektet och MAX-lab.

⁴ Organisationen vid MAX-lab, se bilaga 2.

Den kraftiga ökningen kan delvis förklaras av att MAX-lab numera tillhör EUs Large Scale Facilities och därmed får tillresande utländska forskare tillgång till TMR-programmet (training and mobility of researchers program). Samtidigt får laboratoriet direkt EU-stöd. I dag kommer 57% av forskarna från svenska forskningsinstitutioner, 20% från övriga nordiska länder inkluderande de baltiska länderna, 19% från övriga Europa och 4% från Syd- och Nordamerika, Asien och Australien. Allt medför att MAX-lab erbjuder en spännande och utvecklande forskningsmiljö. Själva anläggningens prestanda ligger i topp internationellt sett och det gäller även den forskning som bedrivs.

Det är naturligt att fråga sig hur och varför MAX-lab kom till. Självklart är dessa frågor inte enkla att besvara och har många svar. För att förstå besluts- och utvecklingsprocesserna måste man fundera över vilken forskningstradition som fanns på Fysikum i Lund för trettio år sedan, fundera över hur fysikens ställning var i Sverige vid samma tid och granska vilka politiska och forskningspolitiska överväganden som gjordes under 70-, 80- och 90-talet.

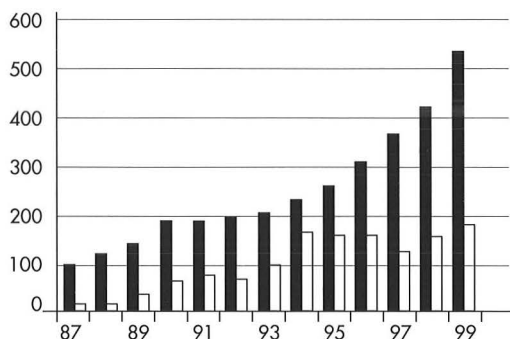


Diagram 1 Antalet forskare som arbetade vid MAX-lab under åren 1987–1999 (svart) samt antalet publicerade artiklar i internationella facktidskrifter (vitt).

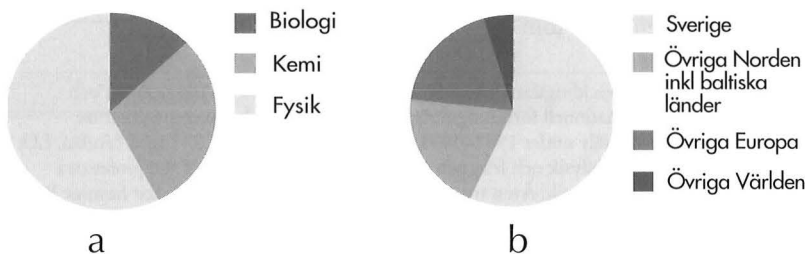


Diagram 2 MAX-lab är (a) ett mångvetenskapligt laboratorium och (b) har användare från hela världen.

Mer ljus

Hur uppkommer ljus?

Ljusets egenskaper är svåra att förstå sig på. Vi vet att ljuset är en form av energi. Vi vet också att ljuset har partikelkaraktär, eftersom ljuset från en riktigt svag ljuskälla registreras som "klickar" i en ljusdetektor. Ljus som partiklar kallas fotoner. De har ingen massa. Men ljuset uppträder också som en vågrörelse av elektromagnetiska fält. I vardagslivet upplever vi det exempelvis i polaroidglasögon, där endast de ljusvågor som svänger vertikalt släpps igenom, eller i färgen i såpbubblor, eftersom vissa av ljusets färger träder fram och andra kan släckas ut i tunna skikt.

Liknande fenomen känner vi igen från ljudet, som är en typisk vågrörelse. Sämre eller bättre akustik i ett rum beror på förstärknings- eller försvagnings-effekter – s k interferenseffekter.

I dag har vi en synnerligen noggrann teori om hur ljus uppför sig. Teorin kallas QED (quantum electrodynamics). Den beskriver inte vad ljus är men väl hur det uppför sig och bygger på tanken att fotonens väg genom materia bestäms av summan av alla tänkbart möjliga vägar. Om de olika vägarna tar olika tid måste man ta hänsyn till detta.

All materia är uppbyggd av små elektriskt laddade partiklar (lätta negativt laddade elektroner och tunga positiva atomkärnor). När dessa partiklar ändrar hastighet eller riktning sänder de ut elektromagnetisk strålning. Allt synligt och osynligt ljus uppkommer på detta sätt.

Partiklarna i materia påverkas av stötar och strålning. De är ständigt i rörelse – långsammare, då de är kalla, och snabbare, om de är varma. All materia sänder därför ut strålning, och det är de lätta elektronerna, som i första hand orsakar den. När materien blir tillräckligt varm blir strålningen synlig, först som mörkrött ljus och sedan alltmer som gult ljus. Solens ytskikt är 5 500° C och lyser med ett vitt sken.

Ibland påverkas en enstaka elektron i ett atomsystem så starkt, att den hoppar från en tillåten bana till en annan i systemet. När elektronen återgår till

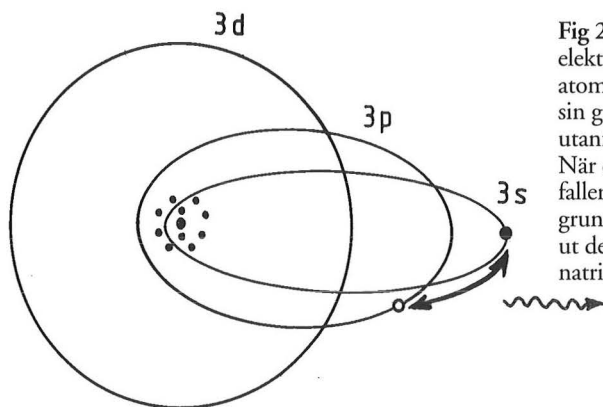


Fig 2 Den yttersta elektronen i en natriumatom fås att hoppa från sin grundbana 3s till en utanför liggande bana 3p. När elektronen sedan faller tillbaka till sin grundbana sänder atomen ut det karaktäristiska gula natriumljuset.

sin ursprungliga bana sänds strålning ut. I sådant fall har strålningen en bestämd våglängd (färg). Därför är neonljus rött och natriumljus gult.

Ett nytt sätt att framkalla strålning är att frigöra elektroner från atomsystemet och hantera dem ensamma i vakuum. Med elektriska och magnetiska fält kan man styra dem i olika banor och öka deras hastighet eller snarare deras energi. Ganska snart når nämligen elektronerna upp till praktiskt taget ljushastigheten, och eftersom denna inte kan överskridas ökar elektronerna i stället sin massa, då de tillförs ytterligare energi.

Vi har redan nämnt att energirika elektroner som går runt i ett rör med mycket gott vakuum, sänder ut intensivt ljus som kallas synkrotronljus. Vi vet också att elektroner som bromsas genom passage genom en metallfolie sänder ut intensiv röntgen- eller gammastrålning och att detta ljus kallas bromsstrålning. I båda fallen ändrar ju elektronerna riktning eller hastighet.

En berättigad fråga är naturligtvis varför inte elektronerna av samma skäl förlorar energi genom synkrotronljusstrålning när de cirkulerar runt sina atomkärnor. I så fall skulle vi verkligen leva i en krympande värld. Just denna fråga ställde sig Niels Bohr 1913 och hans lösning och postulat var att Naturen är så ordnad att detta ej sker i atomens mikrokosmos. Den teoretiska förklaringen till detta fenomen är att elektronerna som cirkulerar runt atomkärnor har både partikel- och vågegenskaper.

Starkare än solen

Vad är det som gör synkrotronljus och bromsstrålning så intressanta för forskning inom många ämnesområden?

Synkrotronljus har ett intensivt kontinuerligt spektrum från infrarött genom

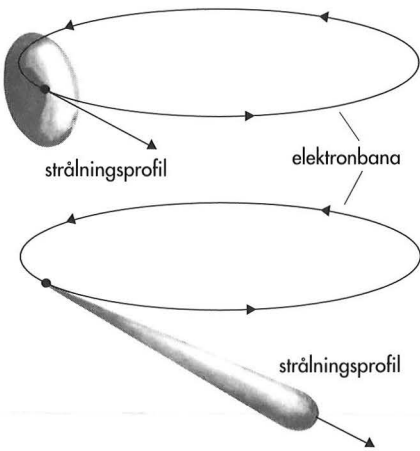


Fig 3 En elektron i cirkulär bana sänder oavbrutet ut strålning. När hastigheten är låg är strålningen riktad åt nästan alla håll. Mest strålar det på högkant mot banan, minst strålar det i riktning ut från banans centrum. Strålningen har en enda våglängd.

Nära ljushastigheten sänder elektronen ut strålning som är riktad längs tangenten till banan. Strålningen är koncentrerad till en smal kon och innehåller alla våglängder från grundfrekvensen ner till röntgenområdet. Hur långt ner bestäms av elektronens energi.

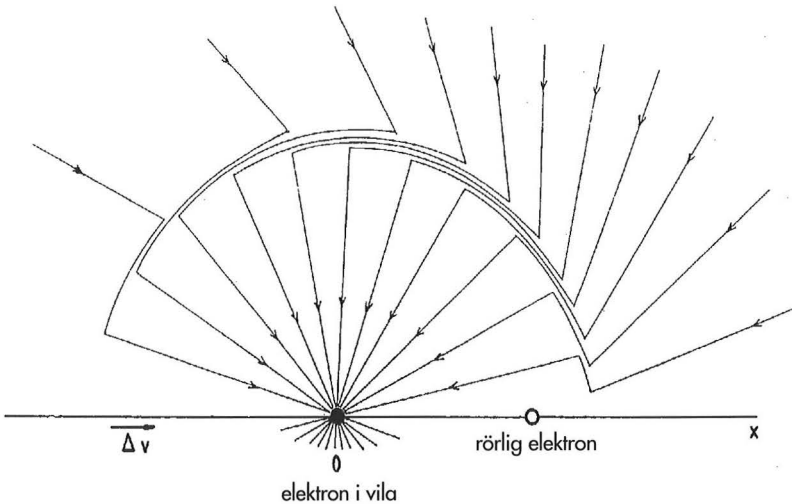


Fig 4 Det elektriska fältet för en uppbromsad elektron. Utanför det sfäriska skalet vet fältet inte om att elektronen bromsats upp. Informationen sprider sig ut med ljushastigheten. Därför expanderar också sfären utåt med ljushastigheten. Innanför det sfäriska skalet vet fältet att elektronen bromsats. Det är det tangentiella fältlinjesprånget i det sfäriska skalet som orsakar att ljus sänds ut när elektronen bromsas (bromsstrålning).

det synliga området till ultraviolett och röntgen. Hur långt in i röntgenområdet man kommer beror på de accelererade elektronernas energi. Bromsstrålning har ett intensivt spektrum från röntgenområdet och in i gammastrålningsområdet. I båda fallen sänds strålningen ut i en mycket snäv kon. Bredden på konen ökar bara någon eller några millimeter på en sträcka av en meter.

Synkrotronljuset är starkt polariserat, vilket är till fördel vid tolkningen av experiment. Även bromsstrålningen är polariserad utanför centralaxeln. Eftersom synkrotronljuset produceras i vakuum utan närvaro av främmande ämnen, är ljuset extremt rent, och dess spektrum kan beräknas med stor noggrannhet. Även bromsstrålspektrum kan beräknas om uppbromsningen sker i tunna folier.

I båda fallen gäller att ljuskällor av den här typen är intensivare och har bredare användningsområde än andra ljuskällor. I de ultravioletta områdena och i röntgenområdet har synkrotronljuset tio till tusen gånger högre briljans (briljans = ljuskällans intensitet per strålande yta) än någon annan laboratorieljuskälla.

En kvalitativ bild över synkrotronljuset får man i fig 5. Låt oss tänka oss att vi betraktar en elektron från sidan som går runt i en cirkulär bana. Om elektronen rör sig långsamt dvs långt långsammare än ljushastigheten kommer ögat att registrera elektronens läge närmast exakt eftersom elektronen knappt förflyttat sig något under den korta tid det tar för ljuset, som skall registreras i ögat, att gå från elektronen till ögat. Vi får en läge-tidkurva som är harmonisk. Motsvarande hastighetskurva får vi om vi betraktar hur lutningen på tangenten varierar punkt för punkt längs kurvan. Även denna kurva blir harmonisk. Eftersom det ljus som elektronen sänder ut när den ändrar hastighet eller riktning bestäms av hastighetskurvan blir det utsända ljusets egenskaper också harmoniska och dess våglängd skarp. Vi har en situation som liknar den som sker i en radiosändarantenn.

Om däremot elektronen snurrar runt med en hastighet nära ljusets, kan man inte längre försumma den tid det tar för ljuset, att gå från elektronen till ögat. Under den tiden hinner elektronen förflytta sig avsevärt vertikalt särskilt då den befinner sig så nära som möjligt eller så långt som möjligt ifrån betraktaren. Nu blir läge-tidkurvan ej längre harmonisk utan starkt disharmonisk. Kurvan kallas för en hypercykloid och innehåller alla tänkbara övertoner. Speciellt när elektronen befinner sig i det läge där den rör sig mot ögat svarande mot spetsen i cykloidkurvan är hastighetsförändringen som störst. Situationen liknar den som uppträder då en bil kör runt på en racerbana med tända lampor. Varje gång bilen rör sig rakt mot betraktaren ser han lampljuset och det sker bara en gång per varv.

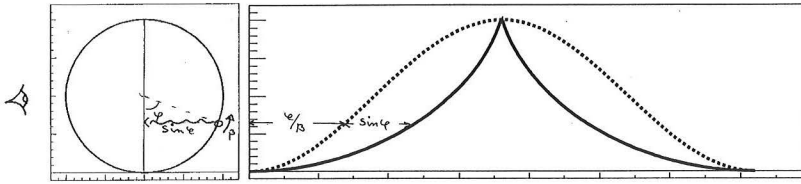


Fig 5 Schematisk förklaring över hur synkrotronljus uppkommer. En detektor observerar en roterande elektron. Om elektronens hastighet är låg i förhållande till ljushastigheten, är tiden det tar för ljuset att gå från elektronen till detektorn försumbar och vi erhåller den streckade läge-tidkurvan som visar upp en harmonisk sinuskurva. Om elektronens hastighet ligger i närheten av ljushastigheten, i figurfalet $v = 0.94 c$, måste man ta hänsyn till tidskillnaden för observation. Vi får den heldragna läge-tidkurvan som kallas hypercycloid. Lutningen på tangenten förändras starkt i det översta läget, vilket innebär att här sänds det ut intensivt ljus. Eftersom kurvan ej är harmonisk innehåller ljuset många övertoner och därmed många frekvenser. Ljuset är riktat mot ögat.

Kunskap om ljus

Vi skall göra en snabbresa genom tiden för att se hur vår kunskap om ljusets natur har förändrats och utökats.

Tid	Kunskap
<i>Före 1600-talet</i>	Ljuset utbreder sig rätlinjigt.
–450 AD	Ljuset reflekteras mot ytor enligt reflexionslagen. Ljuset riktning bryts vid passage till annat medium, refraktion. Regnbågen är färgrik.

<i>1600-talet</i>	
W Snell 1621	Refraktionslagen (lagen om brytning) formuleras.
P de Fermat 1657	Naturen verkar alltid längs det kortaste förloppet. <i>Principen om kortast tid</i> förklarar brytningslagen under förutsättningen att ljuset går långsammare i tätare medium.
R Boyle, oberoende R Hooke 1665	Färg effekter (interferenseffekter) kan uppkomma i tunna ytor, såphinnefärger.
I Newton 1666	Solljuset kan delas upp i färger och åter bli till vitt ljus om dessa förenas.
O Römer 1675	Ljusets utbredningshastighet mäts genom att studera Jupiters månar vid olika årstider. Det goda värdet $c = 2,1 \times 10^8$ m/s erhålls.
C Huygens 1678	Ljuset har polarisationsegenskaper.
<i>1700-talet</i>	
	Frågan om ljuset är en partikelström eller en vågrörelse diskuteras under hela århundradet. Newton förordar partikelteorin eftersom de olika färgerna i solspektrum har olika brytningsindex. Hooke och Huygens förordar vågrörelseteorin eftersom ljuset visar interferens- och polarisationsegenskaper. Partikelteorin har flest anhängare.
<i>1800-talet</i>	
Th Young 1801	Ljusets interferens vid passage genom dubbelspalt.
E L Malus 1808	Polarisation av ljus vid reflexion.
J Fraunhofer 1814–17	Observation av mörka linjer i solens spektrum. Linjerna förklaras 1861 av R W Bunsen och G Kirchhoff som absorptionslinjer, då solens kontinuerliga spektrum passerar kalla gaser i solens och jordens närhet. Linjerna svarar just mot de linjer dessa gaser sänder ut vid upphettning.
A J Fresnel 1818–27	Ljusets spridning intill kanter och vid passage genom små hål. Diskussion om inflytandet av jordens rörelse på ljusets utbredning. ⁵ Införandet av eterbegreppet, ett medium för utbredning av elektromagnetiska vågor.

L Foucault, H Fizeau and
L Breguet 1850

Mätning av ljusets hastighet i luft och vatten visar att hastigheten är lägre i tätare medium. Detta är i strid med Newtons partikelteori som förutsäger högre hastighet eftersom partiklarna utsetts för attraktion i gränsytan.

J C Maxwell 1862

Ljuset är en elektromagnetisk vågrörelse. Maxwell beräknar utifrån elektriska och magnetiska data utbredningshastigheten av elektromagnetiska vågor och finner att hastigheten är den samma som ljusets. 1873 ställer han upp sina berömda vackert symmetriska fyra ekvationer som sammanfattar all kunskap om ellära, magnetism och optik.⁶

A A Michelson och E W
Morley 1887

Enligt Fresnel anses ljuset utbreda sig i ett etermedium som fyller universum och som släpas med jorden i dess rörelse. Genom interferometri mäts ljusets hastighet med stor noggrannhet i olika riktningar i förhållande till jordens rörelse men ingen förändring i ljushastigheten kan observeras och därmed ingen eterdrift. Ljushastighet är konstant oberoende av observatörens rörelse.

J Rydberg 1888

Spektralanalys från upphettade gaser visar regelbundenheter. Systematiken i dessa spektra leder till spektralformler, bland vilka J Rydbergs är den mest berömda.⁷

W C Röntgen
1895-11-08

Katodstrålar i ett urladdningsrör med spänningsskillnad på 100 kV ger upphov till att en skärm med barium-platinacyanid utanför röret

⁵ Fresnel (1818) undersökte det viktiga problemet om jordens rörelse har något inflytande på ljusets utbredningshastighet dvs om det finns någon skillnad mellan astroljuskällor och terrestiska källor. D F Arago fann från experiment att (bortsett från aberration) det inte fanns någon skillnad. Utgående från detta utvecklade Fresnel sin teori om förmågan hos materia att få den ljusbärande etern att strömma.

⁶ Maxwells ekvationer i vakuum lyder: $\partial E/\partial t = \nabla \times B$, $\nabla \cdot E = 0$, $\partial B/\partial t = -\nabla \times E$, $\nabla \cdot B = 0$, där E och B är elektrisk respektive magnetisk fältvektor och ∇ = nablaoperatoren = $e_x \partial/\partial x + e_y \partial/\partial y + e_z \partial/\partial z$. Vid optiska tillämpningar krävs utvidgade formler gällande för elektromagnetiska material.

⁷ Rydbergs formel lyder: $\sigma_n = \sigma_\infty - N / (n + \mu)^2$ där σ (vågtalet) = $1/\lambda$ (inversa våglängden) och $n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, \infty$. N och μ är konstanter och σ_∞ är gränsen för serien. N är rydbergkonstanten och betecknas numera med R .

A H Becquerel
1896-03-01

börjar fluorescera. En okänd X-strålning (röntgenstrålning) har upptäckts.

Grundämnet uran sänder ut mystisk strålning. När Bequerel får höra om X-strålning vill han pröva om det fluorescerande uransalt han har också sänder ut denna strålning. För första gången observeras naturlig radioaktivitet. 1898–1900 klargörs att denna strålning består av α -, β - och γ -strålning.

E Wiechert (1897-01-07),
W Kaufmann (tidigt i
april 1897) och
J J Thomson 1897-04-30

Genom magnetisk avlänkning av katodstrålning mäts e/m -värdet av partiklarna i strålningen. Mätningarna visar att massan m har ett värde 2000–4000 gånger mindre än väteatomens. En ny partikel är upptäckt – elektronen och därmed ett nytt forskningsområde – partikelfysik.

1900–1925

M Planck 1900

Vid studiet av svartkroppsstrålning finner Planck att ett oscillerande elektriskt system överför energi i form av elektromagnetiska kvanta där energin $E = h\nu$ är proportionell mot ljusets frekvens ν . Proportionalitetsfaktorn h kallas Plancks konstant.

A Einstein 1905

Einstein beskriver den fotoelektriska effekten med utgångspunkt från Plancks kvanta. Han hävdar att dessa kvanta har formen av ljuskvanta eller fotoner. Ljus består av enormt många ljuspartiklar. Samma år publicerar Einstein sin speciella relativitetsteori, som gäller för system i likformig rörelse.⁸ Begreppet samtidighet utreds under förutsättning att ljusets hastighet i vakuum är konstant. Teorin leder till att eterbegreppet är onödigt. Ljus utbreder sig i vakuum.

⁸ Relativitetsteorin är baserad på antagandet att fysikaliska lagar skall se likadana ut för alla observatörer, även om dessa rör sig relativt varandra. Tiden införs som en fjärde dimension och vi skriver rymd-tidgeometris 4-vektor: $R = (x, y, z, ict)$. Man får då ett enkelt samband mellan 4-vektorerna i två olika personers referenssystem. Detta samband medför att egentidsintervallet $d\tau = (dt^2 - dr^2/c^2)^{1/2}$ är detsamma för alla observatörer. Egentiden τ är den tid som visas på en klocka som följer med en partikel, vars läge ges av 4-vektorn R . Låt oss studera 4-vektorn $dR/d\tau$.

C G Barkla 1908

Grundämnenas karaktäristiska röntgenstrålning studeras. Klassificering av K- och L-strålning.

L M Rutherford i
samarbete med H W
Geiger och E Marsden
1911

Atomen består av en mycket liten atomkärna omgiven av elektroner. I experiment där α -partiklar sprids mot ett tunt guldfolie erhålls det förvånande resultatet att ibland sprids partikeln rakt bakåt. Detta tyder på att i guldfoliet finns det massiva mycket små partiklar att spridas mot.

M von Laue, W Friedrich
och P Knipping 1912

M von Laue föreslår och W Friedrich och P Knipping utför avgörande diffraktionsexperiment mot kristaller som visar att röntgenstrålning är elektromagnetisk strålning. Start för kristallstudier med röntgenstrålning.

N Bohr 1913

Utgående från Rutherfords atomkärnmodell fastställer Bohr villkoren för elektronernas banor runt kärnan.⁹

Eftersom dt är detsamma för alla observatörer har dR/dt samma enkla samband för värden i olika referenssystem som R . För hastigheter som är små jämfört med ljushastigheten c gäller dessutom att $dR/dt \approx dR/dt$. Om vi multiplicerar med partikelns (vilo)massa m får vi för små hastigheter:

$$mdR/dt \approx m(dx/dt, dy/dt, dz/dt, ic[1+1/2v^2/c^2]) = (p_x, p_y, p_z, i[mc^2+T]/c), \text{ eftersom } 1/(1-v^2/c^2)^{1/2} \approx (1+1/2v^2/c^2).$$

Här är p rörelsemängden och T partikelns kinetiska energi enligt klassisk fysik, alltså fundamentala storheter som är bevarade i olika reaktioner. Det är naturligt att som Einstein antaga att dR/dt skall ersättas med dR/dt i en relativistisk generalisering av de icke-relativistiska uttrycken för rörelsemängd och energi. Vi finner då speciellt att partikelns energi ges av $E = mdt/dt = m/(1-v^2/c^2)^{1/2}$. Motsvarande gäller för rörelsemängdsmomentsvektorn: $p = mv/(1-v^2/c^2)^{1/2}$. Härur följer att $E^2 - p^2c^2 = m^2c^4$. Experiment har också visat att dessa storheter är bevarade i alla kollisioner och reaktioner. Vi ser särskilt att energitermen får ett bidrag, "viloenergin" $E_0 = mc^2$ också då hastigheten är noll. För elektronen är $E_0 = 0,511$ MeV. Att E_0 verkligen motsvarar en form av energi framgår tydligast då instabila tunga partiklar sönderfaller, varvid deras viloenergi omvandlas till kinetisk energi hos de lättare sönderfallsprodukterna. Det är också E och inte E_0 (eller massan) som är väsentlig för den gravitationskraft som påverkar en kropp. Om en sten värms upp väger den något mer, även om skillnaden är omätligt liten. Likaså påverkas en foton av gravitationskraften, även om dess vilomassa är noll. Vi har nu gjort troligt världens mest berömda formel som är utgångsformeln för alla acceleratorbyggare. (Hjälp till diskussionen har lämnats av Gösta Gustafson).

⁹ Bohr förutsatte att elektronens banrörelsemängdsmoment $l = mrv = nh$, där n är ett heltal och $h = h/2\pi$. Banrörelsemängdsmomentet är kvantiserat. När en elektron hoppar från en bana till en annan med lägre energi emitteras en foton med energin $E_\gamma = h\nu$ enligt Plancks kvantvillkor.

H Mosely 1913	Samband mellan röntgenstrålningens karaktäristiska frekvens och kärnladdningen Z . Förståelse av D I Mendelejevs periodiska system (1880). M Siegbahn i Lund (1915–1923) fulländar Moseleys studier och observerar M- och N-strålning.
A Einstein 1915–17	Einstein utvecklar sin allmänna relativitetsteori under åren 1907–15 och publicerar den i en serie arbeten under åren 1915–17. ¹⁰
A Einstein 1916–17	Einstein inför A- och B-koefficienterna för strålningsemission och absorption.
L M Rutherford 1919	Den första kärnreaktionen utförs i laboratorium. Reaktionen $^{14}\text{N}(\alpha, p)^{17}\text{O}$ observeras när α -strålning från ett naturligt radioaktivt preparat sprids i kvävgas och i sällsynta fall producerar protoner.
A Compton 1922	Ljus uppför sig som en ström av partiklar då de sprids mot löst bundna elektroner.
L de Broglie 1923	Det bohrska postulatet att banrörelsemängdsmomentet är kvantiserat får en ny tolkning då de Broglie föreslår att elektronen liksom fotonen har både partikel- och vågegenskaper. De stabila elektronbanorna i atomen svarar mot att omloppsbanans längd är avstämd till ett helt antal elektronvåglängder.
S N Bose och A Einstein 1924	Bose inför en ny statistik för ljuskvanta och Einstein använder denna på materia och visar att materia kan uppvisa vågegenskaper.

¹⁰ Mycket kortfattat beskriver teorin gravitationen som en effekt av krökningen i rum-tiden som åstadkoms av både massa och energi. Gravitation jämsställs med acceleration och fysikens lagar har samma form i ett accelererande system som i ett system i vila i ett gravitationsfält. Som en följd av teorin kröker sig ljusbanan i ett gravitationsfält. Detta har man idag många bevis för.

1925–1950

W Pauli 1925	I en elektronbana kan det inte finnas två elektroner som har samma kvanttal om ett tvåvärdigt nytt kvanttal tillförs elektronen (Paulis uteslutningsprincip).
W Heisenberg 1925	Heisenbergs första arbete om kvantmekanik. ¹¹
S Goudsmit och G E Uhlenbeck 1925	Elektronen har egenspinnet $\frac{1}{2} \hbar$.
E Schrödinger 1926	Schrödingers första arbete om kvantmekanik. ¹²
C J Davisson och L H Germer 1927	Vid spridning av elektroner mot kristaller erhålls diffraktionsmönster. Elektronen har vågegenskaper.
P Dirac 1928	Diracs relativistiska ekvation för elektroner ställs upp. En av 1900-talets största fysikaliska idéer. ¹³
W Heisenberg och W Pauli 1929	I ett par arbeten förklarar Heisenberg och Pauli att massiva partiklar kan förstås som knippen av energi och impuls i olika sorters fält ex som elektronfältet. Precis som den elektromagnetiska kraften mellan två elektroner beror på utbytet av fotoner kan kraften mellan fotoner och elektroner bero på utbytet av elektroner.
C Anderson 1931	För första gången observeras en positron experimentellt. Detektorn är en dimkammare.
J Chadwick 1932	Upptäckten av neutronen. Då beryllium bestrålas med α -partiklar utgår en strålning som kan få vätekärnor och även tyngre kärnor att rekylas om de träffas av strålningen.

¹¹ Samma år visar Born och Jordan att Heisenbergs teori är en matrismekanik. Teorin innehåller obestämbarhetsrelationer $\Delta p \Delta x \geq \hbar$ och $\Delta E \Delta t \geq \hbar$ som kan skrivas $pq - qp = -i\hbar$. Här är p och q matriser svarande mot partikelns impuls och läge eller energi och tid. Obestämdhetsrelationerna publicerades 1927.

¹² $i\hbar \partial \psi / \partial t = [(-\hbar^2/2m)\Delta + V]\psi$, där Δ är laplaceoperatoren, $\Delta = \partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2 + \partial^2/\partial z^2 = \nabla^2$

¹³ Dirac utgick från Einsteins relativistiska formel $E^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4$ till skillnad från Schrödingers vars ekvation var icke-relativistisk. Han införde skapelse- och annihilationsoperatorer för fotonen: $a = (\omega q + ip)/(2\hbar\omega)^{1/2}$ resp $a^\dagger = (\omega q - ip)/(2\hbar\omega)^{1/2}$. Ur ekvationerna kunde elektronens egenspin och elektronens antipartikel, positronen, förutsägas.

E Fermi 1933	Fermis teori om β -sönderfall förklarar det kontinuerliga spektret av emitterade elektroner i β -strålning genom att införa neutrinopartikeln, eller snarare antineutrinet. Denna partikel är neutral och är/(nästan är) masslös. Den har ett egenspin $\frac{1}{2}\hbar$.
H Yukawa 1934	Yukawa förutspår pimesonen som bärare av den starka kärnkraften.
S H Neddermayer och C Anderson 1936	En ny partikel observeras i den kosmiska strålningen. Den får senare namnet myon.
L W Alvarez 1938	K-infångning av elektronen observeras. ¹⁴
O Hahn och F Strassman, L Meitner och O Frisch 1938	Experimentellt visar Hahn och Strassman i Berlin att det bildas barium och lantan då uran bes-trålas med neutroner. Teoretiskt förklarar Meitner och Frisch detta i Kungälv med att uran-kärnan klyvs.
Y Tanikawa (1942) samt S Sakata och T Inoue (1943)	Förklaringen att pimesonen med massan $277m_e$ och myonen med massan $207m_e$ är olika partiklar. Myonen som växelverkar enbart elektromagnetiskt med materia bildas genom sönderfall av den starkt växelverkande pimesonen.
J S Schwinger, S Tomanaga och R Feynman 1947–49	Förklaring av lambskiftet i vätespektrum utgående från kvantelektrodynamik, QED. ^{15, 16}

¹⁴ Processen förutspåddes av G-C Wick och av paret Joliot-Curie. En elektron i det innersta elektronskalet absorberas av en proton som ombildas till en neutron. Samtidigt sänds en elektronneutrino ut.

¹⁵ Enligt senare mätningar ligger $2^2S_{1/2}$ -nivån i väte $0,035 \text{ cm}^{-1}$ högre än $2^2P_{1/2}$ -nivån i strid med Diracs teori. Effekten kunde förklaras med QED-teorin. Överensstämmelsen mellan experiment och teori är rätt på 2 miliondelar när, vilket är mycket imponerande. Vid mätningar av elektronens anomala magnetiska moment har man uppnått överensstämmelse på två tiondels miljarddelar när, en otrolig överensstämmelse. (Helt nya mätningar av den positiva myonens anomala magnetiska moment som är ett bättre test på standardmodellen än motsvarande elektronmoment, visar på en ytterst liten skillnad mellan standardmodellens teoretiska värde och det experimentella: $a_\mu(\text{exp}) - a_\mu(\text{SM}) = 43 \pm 16 \times 10^{-10}$ (Letter Brookhaven AGS experiment 821 2001-02-08). Denna skillnad som ännu inte är säkerställd har redan lett till spekulativa teorier om avvikelser från standardmodellen. Tillägg i korrektur).

¹⁶ R Feynman har skrivit en mycket trevlig bok *QED – The Strange Theory of Light and Matter*, Princeton University Press, 1985.

1950–1975

	Denna tidperiod karaktäriseras av en explosion av kunskap om elementarpartiklar och deras egenskaper. Partiklarna klassificeras i tre grupper leptoner, mesoner och baryoner. Till den första gruppen hör e , μ och τ som observeras 1975, de till dem hörande neutrinerna (ν_e , ν_μ och ν_τ) och till alla dessa hörande antipartiklar. Leptontalet (antalet leptoner minus antalet antileptoner) är konstant vid alla reaktioner. Baryoner kallas tunga partiklar med halvtaligt spinn och mesoner kallas tunga partiklar med heltaligt spinn. Baryontalet är liksom leptontalet konserverat vid alla reaktioner.
M Gell-Mann 1953	Införandet av särtalet S . Vissa tunga partiklar kan enbart produceras parvis. För att hantera denna egenskap införs ett nytt kvanttal kallad särтал. Detta leder till den klassificering som är grunden till kvarkmodellen. På samma sätt som elektrisk laddning är särtalet bevarat vid stark och elektromagnetisk växelverkan.
Chicago-gruppen 1954	I pN-spridningsexperiment finner man nya energitillstånd som betecknas Δ^{++} , Δ^+ , Δ^0 och Δ^- och som innebär att nukleonerna kan exciteras.
Berkeley-gruppen 1955	Antiprotonen observeras och året därpå antineutronen och senare ser man att varje partikel har sin antipartikel. Vissa neutrala partiklar ex fotonen är sin egen antipartikel.
F Reines och C L Cowan 1956	Elektronens antineutrino observeras.
M Gell-Mann och oberoende G Zweig 1963	Förutsägelsen att systematiken av elementarpartiklar förenklas om man inför tre grundläggande byggstenar, kvarkar. De tre kvarkarna kallas u , d och s och står för up, down och strange. Gruppen kvarkar utökas 1975 då c -kvarken (charm) observeras och 1977 med b -kvarken (bottom) samt 1994 med t -kvarken (top) men redan 1972 finner M Kobayashi och T Maskawa att en grupp

O Greenberg 1964

A Salam och S Weinberg
1968

på tre par kvarkar och ett higgsfält ger en intressant väg att införa charge-parity brott i teorin.¹⁷ Uttryckt i kvarkar kan protonen skrivas uud och neutronen udd.

Det krävs att det finns tre olika kvarkar av varje sort om pauliprincipen skall gälla. Detta syns exempelvis hos det exciterade nukleontillståndet Δ^{++} som med kvarkbeteckning kan skrivas uuu. De tre kvarktillstånden givs färgsmeknamn (idag rött, grönt och blått).

En teori för leptonernas svaga växelverkan formuleras. Teorin innehåller ett samband mellan den svaga och den elektromagnetiska kraften (föreslagen av S Glashow redan 1960).¹⁸

¹⁷ Sammanställning av lepton- och kvarkfamiljen. Partiklarnas massa uttryckt i GeV/c^2 ges inom parantes, vad gäller kvarkar är det current mass som anges.

leptoner, spinn $\frac{1}{2}$ -partiklar			kvarkar spinn $\frac{1}{2}$ -partiklar		
ν_e ($<7 \cdot 10^{-9}$)	ν_μ ($7 \pm 4 \cdot 10^{-8}$)*	ν_τ (<0.03)	$u^{+2/3}$ (0,005)	$c^{+2/3}$ (1.5)	$t^{+2/3}$ (180)
e^- (0,511 10^{-3})	μ^- (0,106)	τ (1.7771)	$d^{-1/3}$ (0.01)	$s^{-1/3}$ (0.2)	$b^{-1/3}$ (4.7)

* Superkamiokande Collaboration meddelade 1998 att de observerat att myneutriner oscillerar till andra neutriner. Detta leder till den uppskattade massan.

¹⁸ Salam-Weinberg-modellen kunde genom kvarkmodellen generaliseras så att den också beskriver mesoners och baryoners växelverkan. Svag växelverkan förmedlas av partiklarna W^+ och W^- . De har stor massa ($80 \text{ GeV}/c^2$), vilket ger en svag kraft med kort räckvidd. Dessa partiklar kunde genom sina sönderfall observeras i CERN 1983. Dessutom infördes en neutral W^0 -partikel. Denna observerades ej. I stället fann man en annan tyngre neutral partikel Z-partikeln med massan $91 \text{ GeV}/c^2$. I Salam-Weinberg-modellen antar man att det förutom W^0 finns en annan elektriskt neutral utbytespartikel, kallad B. Fotonen och Z kan betraktas som blandningar av B och W^0 . Vid extremt höga temperaturer omedelbart efter Big Bang fanns de masslösa partiklarna B och W^0 men mycket snart (efter 10^{-10} s) stelnade vakuum. Det uppstod symmetribrott i vakuummediet. I detta vakuummedium finns spinnlösa, neutrinoliknande partiklar som kan kallas N och antipartikeln $\bar{N}$. De kan genom påverkan omvandlas till en sorts spinnlösa elektronlika partiklar E. E-partiklarna är elektriskt laddade och finns inte normalt i vakuum. Paret N och E växelverkar med W, Z och γ . På grund av denna växelverkan får de masslösa W och Z en långsammare utbredning och därmed massa. Fotonen däremot är en sådan kombination av B och W^0 att den ej påverkas av vakuummediet. Den förblir masslös. Om fotonen däremot passerar genom glas eller luft rör den sig långsammare än i vakuum. Fotonen absorberas av elektroner och utsändes igen. Detta hejdar utbredningen och fotonen tycks ha massa. Växelverkan mellan vakuummediet och W-partiklarna leder till att istället fotonen och Z uppträder som väldefinierade partiklar även om Z-partikeln endast kan observeras genom sitt sönderfall.

G 't Hooft 1971

Det visade sig att Salam-Weinberg-modellen inte innehåller några inre motsägelser, men det är fortfarande oklart om den har någonting med naturen att göra. Den neutrala växelverkan som är ett viktigt element i modellen observeras 1973.

H Fritzsch och M Gell-Mann 1972

QCD-teorin (Quantum Chromo Dynamics) formuleras.^{19, 20}

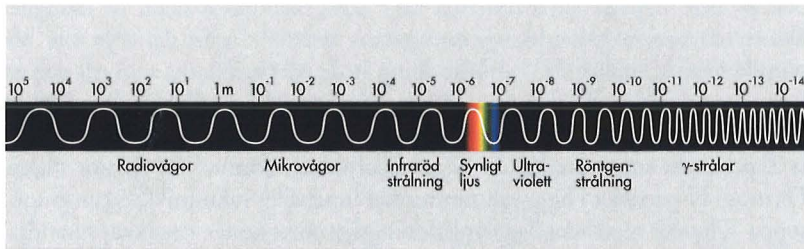


Fig 6 Det elektromagnetiska spektret.

Sammanfattning: Vad vet vi idag om ljus som vi inte visste för 300 år sedan? Fortfarande utbreder sig ljus rätlinjigt, men bara i gravitationsfria rum. Ljuset uppträder som fotoner och kan absorberas och emitteras av elektroner. Ljuset bryts enligt brytningslagen nu som då när ljuset passerar in i ett medium vars elektrontäthet är annorlunda. Orsaken är just att fotoner absorberas av elektroner som sedan återsänder dem. Processen leder till att utbredningshastigheten ändras. Ljus tycks gå långsammare i materia än i vakuum. Det verkar som om fotonerna har massa. I vakuum är ljusets hastighet ($c = 3,0 \times 10^8$ m/s) oberoende av observatörens hastighet.

Fotonens och elektronens egenskaper beskrivs ytterst väl av QED-teorin, som är en relativistisk teori. Utgående från denna teori har det lyckats att förena

¹⁹ Den fundamentala starka växelverkan beskrivs av de tre kvarkfärgtillstånden och av kraftförmedlarna, gluoner, som också bär färgladdning. Detta gör att de också påverkas av den starka kraften. Gluonerna kan attrahera varandra så att energin blir negativ. Sådana gluontillstånd fyller vakuum.

²⁰ H-U Bengtsson, G Gustafson och L Gustafson har skrivit en pedagogisk bok *Kvarken och universum*, Corona AB 1994, som behandlar mikrokosmos och makrokosmos.

den elektromagnetiska kraften och den svaga kraften till en gemensam teori den elektrosvaga teorin. Man antager att det finns ett vakuum som omger oss men som inte är tomt. I stället innehåller det N-partiklar som vid påverkan tillfälligt kan övergå till E-partiklar. De fundamentala partiklarna som styr den elektromagnetiska och svaga växelverkan är B , W^+ , W^0 och W^- partiklar som är masslösa vid ytterst höga temperaturer men som får massa när vakuum kallnar. I det högvarma tillståndet förekommer lika många EN-partiklar i E- som N-tillståndet men i det kalla finns det enbart N-partiklar. På grund av en tillfällig anhopning av detta tillstånd i stelningsögonblicket får hela vakuum denna egenskap ungefär som då magnetiska material blir permanentmagneter vid avsvälning. När B- och W-partiklarna utbreder sig i detta medium förlorar de hastighet liksom när fotonen utbreder sig i transparent material. De får däremot inte bestämda massor. Istället får vi en blandning av de två partiklarna som ger dels en foton med sin speciella egenskap att inte påverkas av N-partiklarna och därmed behåller sin ljushastighet i vakuum och dels fotonens tvillingpartikel den neutrala Z-partikeln som påverkas av N-partiklarna och därmed får en stor massa. Förutom N-partiklar i higgsvakuummediet innehåller vakuum också en gluonsoppa. Gluoner med lämpliga färgladdningskombinationer attraherar varandra, en konsekvens av QCD-teorin.

Kunskapen om ljus har under åren ständigt skapat nya teorier. Under 1700-talet trodde man att ljus var en partikelström även om det fanns indikationer på att det var en vågrörelse. Under 1800-talet insåg man att ljuset var en transversell vågrörelse och det gick att visa att denna hade elektromagnetiska egenskaper. För att förstå dessa egenskaper införde man ett etermedium. Tidigt under 1900-talet visade man att ljuset bestod av partiklar men att det fortfarande hade vågegenskaper. Eterteorin kunde förkastas, ljuset måste betraktas relativistiskt och fotonen växelverkar direkt med elektronen. Under senare delen av 1900-talet införde man ett nytt medium higgsvakuummediet och förutsade att fotonen har en tvillingpartikel Z-partikeln med stor massa. Dagens teorier är inte fullständiga. Fortfarande vet man inte varför elementarpartiklarna har sina specifika massor och fortfarande söker man fastlägga higgspartiken som förutsägs av den elektrosvaga teorin, även om det finns tydliga indikationer på att den just när detta skrivs har observerats i CERN.

Att accelerera elektroner

Hannes Alfvén utnämndes 1940 till professor i teoretisk elektroteknik vid KTH. Redan i slutet på trettioalet hade han som amanuens hos Manne Siegbahn vid Atomforskningsinstitutet, AFI, gjort experiment för att se om det gick att utnyttja elektromagnetisk induktion för att accelerera elektroner.

Amerikanen D W Kerst publicerade 1941 principerna för en sådan acceleration och kallade sin konstruerade 2 MeV accelerator för betatron.²¹

På grund av kriget fick Alfvén först i början på 1944 reda på dessa resultat. Hans assistent Olle Wernholm påbörjade genast ett bygge av en accelerator för drygt 2 MeV elektroner. Acceleratorn hade en diameter på 13 cm och stod klar för provkörning under vintern 1945. Denna accelerator måste betraktas som embryot till en lång rad elektronacceleratorer, där MAX I, MAX II och nu också MAX III är de senaste.²²

Wernholm fortsatte sina studier. Med nya magneter kunde han ett år senare accelerera elektroner till 5 MeV. Han hade nu köpt en större specialkonstruerad magnet från USA, anställt en professionell glasblåsare och förbättrat kringutrustningen. När den nya betatronen stod färdig togs den i bruk av KTH-forskare för olika forskningsuppgifter.

De som nu styrde utvecklingen var V Veksler i SSSR och E M McMillan vid University of California. Oberoende av varandra publicerade båda 1945 principerna för synkronacceleration, som innebar att de accelererande partiklarna hela tiden befann sig i en konstant bana och att de styrande magneterna endast omslöt själva banan och ej hela cirkelytan. Detta innebar kraftiga besparingar och möjliggjorde utvecklingen av acceleration upp till riktigt höga energier.

Wernholm, vars stora intresse hela tiden var acceleratorteknik, tillbringade året 1946 hos Kerst, som förutom sin 2 MeV betatron från 1941, året därpå byggt en 20 MeV betatron för General Electric. Kerst var nu i full färd att planera för en 80 MeV modell som prototyp för en 300 MeV betatron vid University of Illinois, den största och sista stora betatron som byggts. Den stod klar 1950.

I Berkley byggde samtidigt McMillan en elektronsynkrotron på 320 MeV, som togs i bruk i januari 1949, och som genast fick stor betydelse för upptäckten av den neutrala pionen.

Betatronbyggarna råkade ut för svårigheter då de ville öka accelerationsenergin ytterligare.²³ Svårigheterna berodde på det välkända fenomenet att laddade partiklar och speciellt lätta partiklar som elektroner sänder ut elektromagnetisk strålning (synkrotronljus) då de rör sig i en cirkelbana. Speciellt för betatronen som i sig inte har inbyggd fasstabilitet var energispillet förödande. Redan J Larmor (1897) och A M Liénard (1898) diskuterade utifrån klassisk elektrodynamik denna strålning.

²¹ D W Kerst, Phys Rev 58 (1940) 841, Phys Rev 60 (1941) 47.

²² Olle Wernholm, "Hur det hela började – en historisk betraktelse", tal vid MAX-labs invigning, 1987-01-30. Olle Wernholm blev hedersdoktor vid LU 1991.

²³ Se E-E Koch (ed.) *Handbook on synchrotron radiation*, Volyme 1A, First chapter (E-E Koch, D E Eastman and Y Farge: *Synchrotron radiation as a scientific tool*), North-Holland Publishing Company, 1983.

Strålningen innebar en stark begränsning, då man ville konstruera elektron-acceleratorer för höga energier. D Iwanenko och I Pomeranchuk från Moskva Universitet rapporterade 1944 ett teoretiskt brev med titeln *On the maximal energy attainable in a betatron*.²⁴ Helt oberoende av detta arbete sysselsatte sig J Schwinger med problemet, och brevväxlade från 1946 och fram till sin övergripande artikel 1949 med olika acceleratorbyggare om dessa begränsningar.²⁵ Det första experimentella sökandet efter synkrotronstrålningen utfördes 1945 av J P Blewett vid en 100 MeV betatron i Schenectady (N Y). Blewett observerade att elektronbanorna vid de högsta energierna var något krympta på grund av effektförluster från synkrotronstrålning men trots försök observerade han inte själva strålningen. Skälet var att man sökte i radiofrekvensområdet och mikrovågområdet medan strålningen hade sitt intensitetsmaximum i det infraröda och synliga området. Det försilvrade accelerationsröret gjorde att denna strålning ej kom ut ur röret och kunde observeras.

Vid Schenectady började man 1946 konstruera en 70 MeV elektron-synkrotron för att pröva McMillans synkrotronprincip och för att se om betatronprincipen kunde användas som injektion för att minska acceleratorstorleken. I oktober 1946 rapporterade man att man hade elektronstråle i maskinen men strax efter det att maskinen fått att fungera fick man ett allvarligt magnet-haveri som fördröjde tidplanerna. Under uppehållet förbättrades elektronkanonen, radiofrekvenskaviteten och annan utrustning. Under våren 1947 kunde man börja trimma in maskinen på nytt med förbättrade prestanda.

Vid en sådan intrimning den 24 april drev H C Pollock och R Langmuir elektronkanonen och pulstransformatorn till det yttersta varvid man erhöll en del elektriska överslag. De bad då en av teknikerna, G Knowlton, att med hjälp av en spegel observera innanför strålskyddet varifrån gnistorna kom. Han signalerade genast att maskinen skulle stängas av eftersom han såg en ljusbåge inne i accelerationsröret. Eftersom vakuum fortfarande var gott inne i röret stängdes dock ej maskinen av och Pollock och Langmuir observerade också ljusfenomenet. Först trodde de att fenomenet härrörde från cherenkovstrålning men snart blev det klart att det istället var Iwanenko-Pomeranchuk strålningen.

I maj 1947 publicerade Elder, Gurewitsch, Langmuir och Pollock ett brev där de rapporterade att de observerat den synliga synkrotronstrålningen. Denna strålning, som nu för första gången observerats, skulle få en enorm betydelse. Naturligtvis var observationen också förutsättningen för MAX-labs utveckling.

När Wernholm 1947 återvänt från Kerst i Illinois började han konstruera och bygga en elektronsynkrotron på 35 MeV utgående från McMillans idéer

²⁴ D Iwanenko and I Pomeranchuk, Phys Rev 65 (1944) 343.

²⁵ J Schwinger, Phys Rev 70 (1946) 798, Phys Rev 75 (1949) 1912.

om synkronacceleration. Acceleratorn startade som en betatron men när elektronenergin var tillräckligt hög tog synkrotronprincipen över.

Nu började byggena kosta pengar, men eftersom Atomkommittén hade bildats fanns också anslag att få. Synkrotronen var i brukbart skick i början på 50-talet och man sökte efter någon som ville använda den och kunde överta den. Kurt Lidén, nybliven laborator och senare professor i radiofysik i Lund, såg flera användningsområden inom biofysik, och kunde också genom en donation från en redarfamilj i Helsingborg finansiera en flyttning till Lund, men hade svårigheter att hysa den.²⁶ Plats fanns däremot på den nybyggda fysiska institutionen, där ett källarutrymme, som var planerat som astrofysikallt laboratorium, tillfälligt kunde utnyttjas. Sten von Friesen, professor i kärnfysik, som hade goda kontakter med Alfvén och hade träffat Kerst i USA, såg anläggningen som en resurs. Därmed var forskning med elektronacceleratorer etablerad på Fysikum i Lund. Mycket snart byggdes det upp ett kärnfysikprogram vid anläggningen.

Vid institutionen för elektronfysik KTH fortsatte man utvecklingen av elektronacceleratorer. Året 1953 anhöll Olle Wernholm hos Atomkommittén om att få bygga en elektronaccelerator på 500 MeV alternativt 1,0 GeV, varvid man ville utnyttja idén att använda sig av "strong focusing" dvs styra elektronerna med en serie elektromagnetlinser där varannan lins var konvex och varannan konkav. Detta innebar mindre magnetfältvolym och därmed också avsevärt mindre kostnader. Atomkommittén ställde sig i augusti 1953 positiv till förslaget.

Ur fysikalisk synpunkt var detta synnerligen intressant, eftersom man vid dessa energier skulle nå långt in i området där mesoner av olika slag kunde bildas. Detta var ett helt nytt forskningsområde.

Institutionen på KTH var intresserad av att utveckla och bygga elektronacceleratorer men hade mindre intresse av att utnyttja dem för elementarpartikel- och kärnfysik. Atomkommittén förordade därför att acceleratorn byggdes upp på KTH men sedan flyttades till en aktiv kärnfysikinstitution.

Kai Siegbahn var just i färd att tillträda en professur i Uppsala, där planerna på en större tillbyggnad redan var projekterad. I denna var inplanerat en stor hall för en framtida accelerator. Kai Siegbahn följde därför mycket aktivt det wernholmska projektet och anmälde omedelbart sitt starka intresse att den nya acceleratorn placerades i Uppsala. Redan i november samma år kom det en begäran från Bengt Edlén och Sten von Friesen att den planerade acceleratorn skulle placeras i Lund, eftersom man aktivt bedrev mesonforskning i Lund och på institutionen hade erfarenheter av forskning

²⁶ Överläkaren i onkologi Gunnar Gorton, LU, förmedlade kontakten med sin skeppsredarsläkt inom Gorthon rederier (privat kommunikation av Märta Lidén).

med elektronacceleratorer. Därvid syftade de på docent Sven Johanssons forskning vid Ames elektronaccelerator i USA och vid institutionens 35 MeV synkrotron.

Eftersom det nu fanns flera intressenter begärde Atomkommittén en utförligare beskrivning över de behov och lokaler som krävdes i Lund respektive Uppsala.

Tidigt i januari 1954 besvarade Sten von Friesen dessa frågor, varvid han bl a meddelade att det krävdes en ny acceleratorhall till en uppskattad kostnad av 200 000 kr. En aktion sattes igång, i vilken von Friesen var synnerligen aktiv, för att på privat väg anskaffa medel för en sådan byggnad. Denna aktion lyckades och von Friesen kunde i oktober 1954 meddela att finansieringen av acceleratorhallen var klar.²⁷ Därmed hade von Friesen lyckats att neutralisera Kai Siegbahns forskningspolitiska fördel att kunna utnyttja en redan planerad och bekostad acceleratorhall på Fysikum i Uppsala. Striden mellan Lund och Uppsala avblåstes den 25 november 1954. Då inlämnade Per Ohlin och Kai Siegbahn en skrivelse till Atomkommittén där man avstod från sina anspråk att få den nya synkrotronen förlagd till Uppsala, samtidigt som man uttryckte sin förvisning om att Atomkommittén skulle beakta institutionens behov av en accelerator och att detta behov måste tillgodoses inom en snar framtid.

Atomkommittén beslöt i januari 1955 att elektronsynkrotronen skulle placeras vid Fysikum i Lund. Toppenergin justerades till 1,2 GeV för att acceleratoren skulle kunna producera K-mesoner.

Det är en svår konst att bygga acceleratorer. Det krävs nya tekniker och stor erfarenhet. Detta fick många fysiker erfa på 40- och 50-talet. Stor erfarenhet erhöles vid de stora protonacceleratorbyggena i Stockholm på AFI och i Uppsala på Gustav Werner-institutet, GWI, men också vid de mindre acceleratorbyggena av van de Graaff-typ i Lund och Göteborg.

²⁷ Tabell 3. Donatorer till acceleratorhall 1954. Vid MAX-injektorns invigning 791001 och den samtidiga avstängningen av LUSY berättade SvF hur han lyckats få donatorer till acceleratorhallen. Han besökte Ruben Rausing och dennes närmaste man Holger Crafoord på Åkerlund & Rausing. HC tog fram en förteckning över skånska industriföretag och bedömde vilka som skulle kunna stödja projektet. En rundringning och en skrivelse gav följande resultat (kkkr).

Karl Engström, Eslöv	5	Kockums AB, Malmö	40
Elektromekan, Helsingborg	25	Skånska-Brand Hermes, Lund	10
Elektrokoppar, Helsingborg	5	Skånska Cement AB, Malmö	40
Åtvidabergs industri, Malmö	10	Svenska Socker AB, Malmö	40
Försäkr.bolag Skåne-Malmö, Malmö	40	Sydsvenska Kraft, Malmö	25
Höganäs-Billesholm, Höganäs	1	Summa	241

När det gällde elektronacceleratorer fanns erfarenheten och kunskapen på institutionen för elektronfysik vid KTH. Som nämnts utvecklades därför den nya 1,2 GeV acceleratoren på KTH och monterades sedan upp i Lund. Nya acceleratorhallar måste byggas både i Lund och Stockholm.

I Lund kom acceleratoren på plats och kunde 1962 accelerera elektroner till sin toppenergi. Den fick efter några år namnet LUSY (Lund University Synchrotron). Intensiteten var dock alltför låg. Man hade inte tänkt på att det jordmagnetiska fältet kunde påverka elektronstrålen. Detta gick det lätt att korrigera för med kompensationsspolar. Ännu bättre blev det då injektoracceleratoren som var en 6 MeV mikrotrotron placerades på högkant. Den axiella fokuseringen var mycket bättre än den radiella.

Ytterligare förbättringar uppnåddes då man bytte ut 6 MeV-mikrotronen mot en 12 MeV mikrotrotron. Efter mycket arbete och många bekymmer nådde acceleratoren 1971 internationella prestanda. Redan året efteråt beslöt AFR dock att lägga ner acceleratoren.

Trots att elektronacceleratoren till en början ej hade de bästa prestanda utfördes en serie experiment vid den. Först startades fotofissionsstudier vid 6 MeV-mikrotronen och fotoprotonstudier inom kvasideuteronområdet med bromsstrålning från elektroner med högre energier.

Under 1965 färdigställdes experimentlokaler intill acceleratorhallen och därmed kunde det första experimentet inom elementarpartikelfysik "Fotoproduktion av pi-mesoner med polariserade fotoner" påbörjas. Samtidigt startade kärnfotogruppen en serie experiment inom enkla fotomesonområdet.

All denna möda att färdigställa acceleratoren medförde att driftgruppen i Lund fick allt större kunskap om acceleratorer. De hade under den senare delen av 60-talet tagit över ansvaret från KTH. Samtidigt skapades en entusiastisk forskargrupp inom elementarpartikelfysik under Guy von Dardels ledning. Von Dardel kom efter mångårig verksamhet vid CERN till Lund som professor 1965 och påbörjade omedelbart ett aktivt arbete att bygga upp forskning vid acceleratoren och förbättrade resurserna till denna.

Av de experiment som utfördes av den nystartade forskargruppen i partikelfysik framträder speciellt ett som påbörjades i Lund men fullföljdes vid DESY i Hamburg. Göran Jarlskog och Leif Jönsson studerade delbrückspridning, som är en elastisk spridning av fotoner mot en kärnas coulombfält via ett virtuellt elektron-positron par.²⁸ Teorin för delbrückspridning utvecklades först 1969 av H Cheng och T T Wu. Genom experiment i fotonområdet 1–7 GeV kunde Jarlskog och Jönsson visa att man måste ta hänsyn till multifoton-

²⁸ G Jarlskog et al, Phys Rev D8 (1973) 3813.

utbyte och när Cheng och Wu gjorde detta erhöles god överensstämmelse mellan experiment och teori. Ganska snart flyttade den största delen av lundagruppen i elementarpartikelfysik över sin forskning till CERN och DESY.



Fig 7 1,2 GeV-synkrotronen, LUSY. **Foto:** Erik Liljeroth, Lund i bild, Allhems förlag, Malmö, 1972.

Fort, fortare, fortast

Principer för acceleratorer

I hela denna skildring av MAX-labs uppkomst diskuterar vi olika typer av acceleratorer. I första hand gäller det sådana maskiner som accelererar elektroner men i den historiska belysningen berör vi även andra typer av acceleratorer. Det kan vara på plats att reda ut några av alla de termer som flyter omkring i texten. Acceleratorer kan delas upp i lineära och cirkulära acceleratorer men de kan även delas upp i elektronacceleratorer och acceleratorer för tyngre partiklar.

Elektrostatiska acceleratorer

I vardagslivet förekommer ofta utrustning där elektroner får energitillskott genom att fritt förflytta sig i ett elektriskt fält. Elektronkanonen i TV-apparaten är ett sådant exempel. De gamla elektronrören är ett annat och röntgenröret är ett tredje. I samtliga hettas katoden upp varvid elektroner emitteras.

Dessa dras sedan mot den positivt laddade anoden. Genom hål i anoden kan de uppsnabbade elektronerna komma ut i fältfritt område och utnyttjas på olika sätt. Om det finns en spänningsskillnad mellan katod och anod på 10 000 V erhåller elektronerna en energi på 10 keV (kiloelektronvolt) eller omräknat till hastighet 20% av ljushastigheten. Om man vill öka elektronernas energi ytterligare måste man höja spänningsskillnaden men efter hand når man då så höga spänningar att man riskerar elektriska överslag. Ett annat sätt är att upprepa processen med flera statiska accelerationsgap. Med samma teknik kan man accelerera tunga partiklar såsom positivt eller negativt laddade atomer.

Ett exempel på detta är bandacceleratorerna som utvecklades i början på 30-talet för forskningsändamål. De kallas också för van de Graaff-acceleratorer. Med hjälp av ett mekaniskt drivet band eller (i senare modeller) av en kedja förs laddning från jord upp till en högspänningselektrod och därmed skapas mycket höga elektriska fält. I slutet på 40-talet anskaffades i både Göteborg och Lund van de Graaff-acceleratorer för kärnfysikalisk forskning. Ge-

nom att fördubbla maskinen och ha hög positiv potential i mitten och jordpotential i de båda ändarna kunde man uppnå dubbel energi på de accelererande jonerna. De startade som negativa joner genom att man tillförde dem extra elektroner. Då de passerade högpotentialen skrapades dessa extra elektroner av jämte ytterligare någon eller några elektroner. Jonerna blev nu positivt laddade och kunde fortsätta sin acceleration i den andra halvan av anläggningen. Acceleratorn kallas för tandemaccelerator och det var en sådan med toppspänningen 6 MV som anskaffades till tandemacceleratorlaboratoriet i Uppsala, TLU, under tidigt 70-tal. Även pelletronacceleratorn på 3 MV som installeras i Lund är av denna typ.

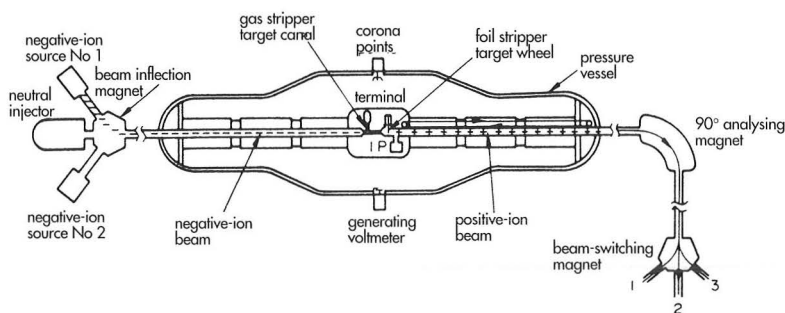


Fig 8 Schematisk bild av en tvåstegs (tandem) Van de Graaff accelerator.

LINAC

I stället för att ha flera på varandra följande accelerationsgap med statisk spänningsskillnad kan man åstadkomma höga potentialskillnader med högfrekventa fält. Det finns flera fördelar med detta. Under kort tid kan det finnas mycket stor potentialskillnad över ett gap utan att en elektrisk urladdning hinner utbildas. Nya tekniska lösningar öppnar sig också.

Pionjärerna inom området var två skandinaver. Den ene var svensken Gustaf Ising som redan 1925 förelag en konstruktion där elektronerna rörde sig igenom en rad av rörformade elektroder med ökande längd.²⁹ Elektroderna matades med radiofrekvent fält så att den elektriska spänningen växlade mellan två närliggande elektroder. Eftersom de accelererande partiklarna fick allt högre hastighet när de passerade genom elektrodrören måste dessa rör bli allt längre. Partiklar-

²⁹ G. Ising *Princip einer Methode zur Herstellung von Kanalstrahlen hoher Voltzahl*. Arkiv för matematik, astronomi o fysik 18, No. 30: 1–4 (1924).

na skulle ju ligga i fas med växelspänningen, när de passerade genom gapen. Ising byggde dock aldrig en fungerande maskin. Norrmannen Rolf Wideröe vidareutvecklade idén och kunde 1927 i sin doktorsavhandling redovisa lyckade försök att accelerera Na- och K-joner i två steg med denna teknik.³⁰

Denna avhandling har spelat en historisk roll av sällsynt art och är utgångspunkten för den mycket dyrbara instrumentutvecklingen (den s k big science-utvecklingen), som startade under 30-talet med de första cyklotronerna. Ernest Lawrence vid University of California, Berkeley; kom tidigt under år 1929 vid ett besök i universitetsbiblioteket att bläddra i några tyska journaler och fann Wideröes artikel om dennes accelerationsförsök. Utan att behärska tyskan förstod Lawrence ur figurerna principerna för att utnyttja radiofrekventa fält för acceleration av positiva joner till höga energier. Genom att kombinera accelerationsprincipen med ett konstant magnetfält föddes tanken på cyklotronen.³¹

Under 30-talet utvecklades linacs för både elektroner och positiva joner enligt Isings princip. Elektronenergier upp mot 1,3 MeV erhöles och Hg⁺-joner kunde accelereras upp till 2,8 MeV men varken energin eller kvaliteten var hög nog för kärnfysikaliska experiment.

Utvecklingen av radartekniken under andra världskriget tillförde accelerationsteknikerna ny utrustning. Luis Alvarez kunde 1946 bygga en protonlinac för 32 MeV varvid han utnyttjade militärt överskottsmaterial på radiofrekvenssidan. Acceleratorprincipen skiljer sig från Isings eftersom man utnyttjade högfrekventa fält på 200 MHz. Denna nya princip har allt sedan dess legat till grund för utvecklingen av protonlinacs.

För elektronlinacs var utvecklingen snarlik. Eftersom elektronen är nästan 2000 gånger lättare än protonen når elektronerna snabbare upp till hastigheter mycket nära ljushastigheten. Det betyder att linacen till sin struktur blir enklare om den matas med relativistiska elektroner med energier kring några MeV. Varje cell inne i acceleratoren har samma längd eftersom elektronernas hastighet inte ändras. Det är ju bara massan som ändras när elektronen får energitillskott. Konstruktionen ser ut som ett rör med en uppsättning hålskivor. Hållens storlek och avståndet mellan skivorna bestämmer hastigheten på den vandrande elektromagnetiska våg som byggs upp av högfrekvensfältet på 3 GHz. Elektronerna surfar långt ner på framsidan av vågen under sin färd genom linacen och tillförs hela tiden energi.

³⁰ Rolf Wideröe, Thesis 1927, Technische Hochschule Aachen.

R Wideröe *Über ein Neues Prinzip zur Herstellung hoher Spannungen*, Archiv für Elektrotechnik 21 (1928) 387.

³¹ E O Lawrence and N E Edlefsen, Science 72 (1930) 376.

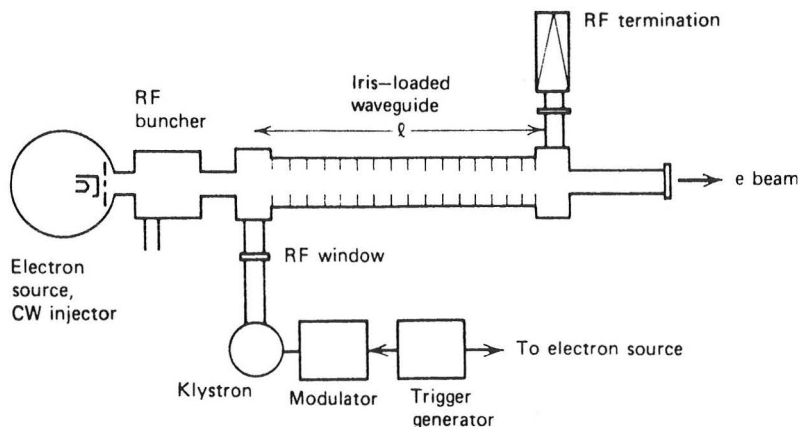


Fig 9 Schematisk bild av en elektronlinac.

De två nya linacs som skall byggas vid MAX-lab och ersätta 100 MeV race-tracken som injektor till MAX-ringarna kommer att vardera ha längden 5,2 meter och vardera ge elektronerna ett energitillskott på 77 MeV. De har kunnat köpas förmånligt eftersom de sambeställdes med liknande linacs som har levererats till den schweiziska synkrotronljuskällan TESLA.

Tyvärr räcker inte denna energi för MAX-konceptet, men genom att komplettera systemet med en lagringskavitet för det elektriska fältet mellan klystronen och linacen uppnår man kraven. Man frigör plötsligt den lagrade energin i kaviteten som tillförs linacen. Detta ger högre fält i linacen men kortare puls. Systemet kallas för SLED. På detta sätt höjer man tillskottsenergin med en faktor 1,8.

Cyklotroner

Som vi redan nämnt fick Ernest Lawrence idén till cyklotronen, när han såg figurer till Wideröes acceleratorkonstruktion i en tysk tidskrift. Det Lawrence gjorde var att han vred ihop Wideröes anläggning och lät de accelererande partiklarna åter och åter igen passera genom samma accelerationsgap. Efter en serie beräkningar placerade han en jonkälla mitt i ett konstant magnetiskt fält och mitt emellan två något åtskilda, ihåliga, halvmåneformade elektroder, till utseende liknande de två delarna av en söndersågad dosa. Det visade sig att det alltid tog samma tid för partikeln att passera igenom elektrodhalvorna oberoende av partikelnas hastighet. Snabbare partiklar kröktes mindre av mag-

netfältet och gick därför längre väg inne i elektroden medan långsamma partiklar hade kortare krökningsradie och därför gick kortare väg. Varje gång partiklarna passerade genom gapet mellan de två elektroderna fick de en energiknuff som åstadkoms av ett radiofrekvent elektriskt fält. Partiklarna startade således i centrum av magnetfältet och löpte sedan i en spiralbana ut mot periferin samtidigt som deras energi ständigt ökades.

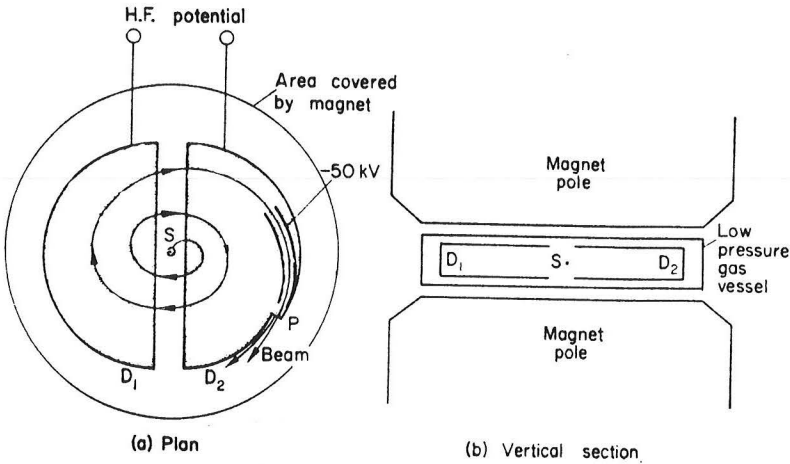


Fig 10 Förenklat diagram av en cyklotron som visar läget av de halvmåneformade kaviteterna (De-na) och accelerationsbanan.

I april 1931 kunde Stanley Livingston i sin doktorsavhandling redovisa att principen fungerade.³² Den första cyklotronen hade en poldiameter på 1 dm och kunde accelerera H_2 -joner till 80 keV. Ett år senare fungerade den första praktiska cyklotronen som kunde accelerera protoner till en energi av 1,2 MeV.

Cyklotronen vidareutvecklades under 30-talet och kunde accelerera partiklar till allt högre energier. Det var accelerators av denna typ som anskaffades till AFI (Atomforskningsinstitutet i Stockholm): först 80-cm cyklotronen som stod klar 1939 och sedan 225-cm cyklotronen som stod klar 1951. Den

³² M S Livingston *The production of high-velocity hydrogen ions without the use of high voltages*, Ph D thesis, University of California, April 14, 1931.

E O Lawrence and M S Livingston, *Phys Rev* 40 (1932) 19.

M S Livingston *Particle Accelerators: A Brief History*, Harvard University Press Cambridge, Massachusetts, 1969.

senare kunde accelerera protoner till 22 MeV. Den blev den största i världen i sitt slag med fast radiofrekvens.

När energin på partiklarna ytterligare höjs måste man ta hänsyn till relativistiska effekter som ger massökningar och stör den regelbundna banstrukturen i cyklotronen. Det låg nära till hands att kompensera för dessa effekter genom att variera radiofrekvensen med tiden. Den nya typen av accelerator kallades synkrocyclotron. Tekniken innebar dock att acceleratoren endast levererade partiklar i skurar och inte kontinuerligt. Nödvändigt var att tillräckligt många partiklar kunde accelereras upp samtidigt och att inte för många spilldes ut under vägen.

Tursamt nog hade synkrocyclotronen inbyggt i sig en automatisk fasstabilitet som gjorde att partiklar med något för höga eller för låga hastigheter fångades upp, inte olik biltrafiken i städer där bilarna klumpar ihop sig i klungor för att följa trafikljusens gröna våg. Det var en maskin av denna typ som anskaffades till GWI (Gustav Werner-institutet i Uppsala). Maskinen stod färdig 1952 och kunde accelerera protoner upp till energin 185 MeV.

Utvecklingen har gått vidare. I stället för att som i cyklotronen och synkrocyclotronen ha ett konstant magnetfält över hela acceleratoren, har man konstruerat maskiner med variationer i magnetfältet. Utgångspunkten var att höja magnetfältet i periferin för att kompensera för partiklarnas högre massa vid de högsta energierna, men detta medförde oönskade effekter vad gällde fokuseringen i vertikalled. Fokuseringen kan upprätthållas om det magnetiska fältet delas in i sektorer med växelsvis höga och låga fält. En sådan cyklotron kallas för AVF-cyklotron med azimuthalt varierande fält eller isokroncyklotron. De stabila banorna i en sådan cyklotron är inte cirkulära utan partiklarna utför svängningar omkring en cirkulär bana. Den stora fördelen med AVF-cyklotroner är att de levererar en kontinuerlig ström. Det var till denna typ av cyklotron som GWI-synkrocyclotronen byggdes om i slutet på 80-talet. Efter ombyggnaden kunde protonenergin varieras från 20 till 192 MeV och strålströmmen ökas tusenfalt.

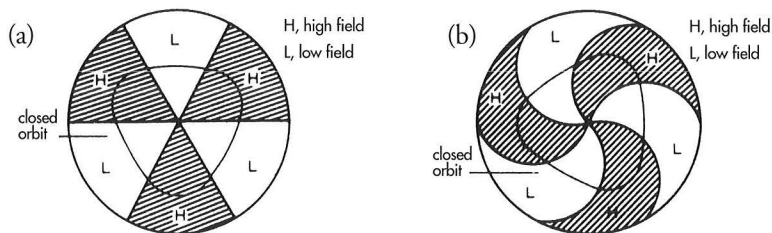


Fig 11 Schema över magnetstrukturen hos en AVF-cyklotron (a) radiella polprofiler, (b) spiraliserande polprofiler (H högt fält), (L lågt fält).

Mikrotroner

Principen för mikrotronen är snarlik den för cyklotronen men den är anpassad till att accelerera elektroner. Den föreslogs ursprungligen av V Veksler.³³ Liksom vid cyklotronen har man ett homogent magnetfält med två cirkulära polytor. Accelerationskaviteten är däremot placerad nära polytans kant. Elektronerna rör sig i cirkulära banor med allt större radie som alla tangerar varandra inne i accelerationskaviteten. Eftersom elektronerna snabbt når hastigheter i närheten av ljushastigheten ökar inte deras hastighet men väl deras massa då de passerar igenom kaviteten. Energitillskottet som elektronerna får vid passagen är så anpassat att ökningen i omloppstid är en hel multipel av den högfrekventa perioden. Mikrotronen har många goda egenskaper. Den är robust och det är lätt att ta ut elektronstrålen från acceleratoren. Den lämpar sig därför väl till industriellt och medicinskt bruk. Mikrotroner av denna typ användes som injektorer till LUSY.

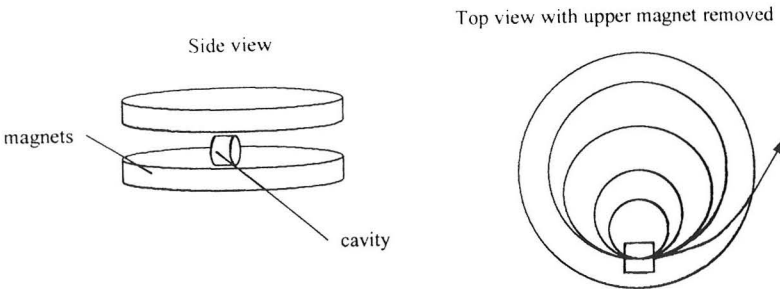


Fig 12 Schematisk bild av en mikrotron sedd från sidan och från ovan.

Race-track mikrotronen är en vidareutveckling av mikrotronen. Den är en hybrid mellan en elektronlinac och en mikrotron. Mikrotronmagneten har delats i två halvcirkelformade magneter åtskilda av ett fältfritt område i vilket en linac och en anordning för att länka ut elektronstrålen placeras. Vid passage genom linacen får elektronerna ett energitillskott på 5–10 MeV. I race-track mikrotronen kan slutenergin varieras, magneterna kan göras lättare och elektronkanonen, som ligger utanför systemet, göras kraftfullare. Race-track mik-

³³ V Veksler, Compt Rend Acad Sci (USSR) 43 (1944) 444, 44 (1944) 392, J Phys (USSR) 9 (1945) 153.

rotronen på 100 MeV är hjärtat i MAX-projektet. Den är tämligen billig och levererar elektroner med god energiskärpa. Elektronerna skjuts genom ett 100 kV spänningsfall in i en linac för stående vågor. I denna får elektronerna en energiknuff på drygt 5 MeV då de surfar på den ena av de två fältvågor som en stående våg består av. Efter passagen fortsätter elektronerna in i den ena av de två avböjningsmagneterna. I denna böjs elektronbanan 180° och går tillbaka genom linacen. Än en gång får de en energiknuff eftersom de nu surfar på den andra fältvågen. Efter detta rör sig elektronerna i banor som liknar dem på en kapplöpningsbana. Varje gång de passerar genom accelerationsområdet, får de en ny energiknuff.

Eftersom elektronerna har hastigheter mycket nära ljushastigheten medför varje knuff att de ökar i massa och får vidare och vidare bana i magnetfältet. Efter nitton varv har de nått energin 100 MeV och länkas ut ur acceleratoren och förs till MAX I-ringen.

Race-track mikrotronen har lägre intensitet än en elektronlinac men strålens energiskärpa gör att den ändå är konkurrenskraftig. Även race-track mikrotronen är robust. Den ger höga elektronenergier och den är lätthanterlig. Den har fått stor medicinsk användning.

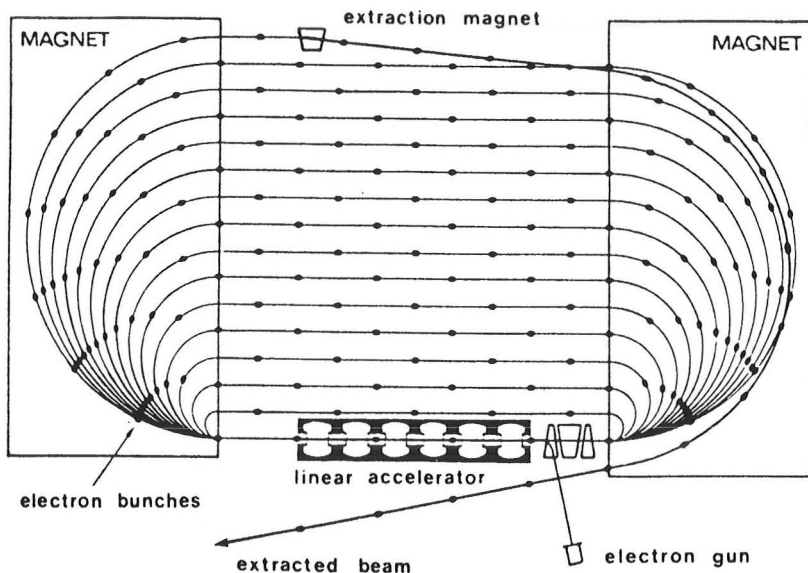


Fig 13 Principskiss av en race-track mikrotron. Lundaidén att även första banans retur passerar igenom linacen framgår ej ur figuren.

Betatroner, synkrotroner och lagringsringar

Principen om synkron eller fasstabil acceleration introducerades tidigt 1945 av V Veksler och senare samma år och oberoende av honom av E M McMillan.^{34, 35} Med ett enda tag gick det nu att accelerera partiklar till mycket höga energier. Idén var att låta partiklarna under hela accelerationstiden gå i samma cirkulära bana. Detta innebar stora fördelar eftersom man i så fall slapp de tunga stora magneterna och endast behövde omge accelerationsbanan med böjmagneter. Man lyckades med idén genom att under accelerationsprocessen kontinuerligt höja magnetfältet och när det gällde tunga partiklar dessutom variera periodiciteten på högfrekvensen. För elektroner slapp man det senare eftersom dessa under hela processen går med ljushastighet om de blott injiceras med energier kring några MeV.

I elektronsynkrotronen rör sig således elektronerna i en konstant cirkulär bana som är omsluten av ett magnetfält som ökar i takt med elektronernas ökning i energi och därmed i massa. Magnetfältet pulsas cykliskt från låga till höga fältstyrkor. Accelerationen äger rum i ett eller flera spänningsgap i banan. Det elektriska fältet över gapet måste vara i takt med elektronernas omloppsfrekvens. I accelerationsbanan hopar sig elektronerna i klungor. Avståndet mellan dessa bestäms av magnetfältets periodicitet. Systemet är fasstabil. Om någon elektron kommer för sent fram till accelerationsgapet får den ett extra energitillskott och hinner i kapp de övriga. På liknande sätt kommer de elektroner som är något för snabba att bromsas något.

En ytterligare förbättring erhöles 1952 då man införde principen om stark fokusering.³⁶ Detta innebar att polytorna i första halvan av en böj magnet ej var horisontella utan släntrade utåt och i andra halvan inåt. Denna fokusering höll starkare ihop elektronerna i banan och medförde därför smalare accelerationsrör.

Den första elektronsynkrotronen startades av McMillan i januari 1949 och accelererade elektroner till 320 MeV. Mycket snabbt byggdes maskiner med mycket högre toppenergier. Lundaacceleratorn LUSY var en starkfokuserande maskin på 1,2 GeV. Olle Wernholm utarbetade sitt förslag 1953 och var som alltid i takt med utvecklingen.

Innan man accelererade elektroner i synkrotroner hade Kerst utvecklat betatronen. Även här rörde sig elektronerna i konstant cirkulär bana. De passerade emellertid inte genom ett accelerationsgap utan erhöles tillskott i energi

³⁴ V Veksler, J Phys (USSR) 9 (1945) 153.

³⁵ E M McMillan, Phys Rev 68 (1945) 143.

³⁶ E D Courant, M S Livingston and H S Snyder *The Strong-Focusing Synchrotron – A New High Energy Accelerator*, Phys Rev 88 (1952) 1190.

genom induktion. Principen är densamma som gäller för transformatorn. När en elektron rör sig i en cirkulär bana och det finns ett magnetiskt fält innanför banan, som ökar, uppstår en inducerad elektrisk potential som tillför elektronen energi. För att betatronen skall fungera måste medelmagnetfältet innanför banan vara dubbelt så starkt som det styrande fältet i elektronbanan.

Under 40-talet byggdes betatroner med allt högre energi. Kostnaderna ökade kraftigt på grund av det stora magnetfältet som krävdes, men värre var att de slutade att fungera. Synkrotronstrålningen som elektronerna sände ut när de cirkulerade runt åstadkom denna begränsning. Betatronen hade till skillnad från elektronsynkrotronen inte fasstabilitet inbyggt i sig och kunde därför inte automatiskt korrigera för denna energiförlust. Den största som byggdes kunde accelerera elektroner till 300 MeV. Den första elektronacceleratorn i Lund, 35 MeV synkrotronen, fungerade i startfasen som en betatron.

Forskning med synkrotronljus aktualiserade allt mer sofistikerade lagringsringar för elektroner. Lagringsringen är i princip en elektronsynkrotron som först accelererar elektronerna upp till rätt energi och sedan lagrar dem vid denna energi under långa tider. Även under lagringen måste energi tillföras elektronerna för att kompensera för strålningsförlusterna. Eftersom lagringsringen skall fungera som en synkrotronljuskälla har man utvecklat styrelement som ser till att de strålande elektronerna har goda egenskaper antingen när de passerar genom böjmagneterna eller när de i raksträckorna mellan böjmagneterna passerar genom insättningselement. MAX I- och MAX II-ringarna är högkvalitativa lagringsringar med dessa egenskaper.

Det är intressant att se att utvecklingen vid MSI och TSL också lett fram till lagringsringarna CRYRING och CELSIUS. Dessa ringar lagrar tunga partiklar och är av liknande konstruktion men nu måste man ta hänsyn till att de accelererande partiklarna ändrar hastighet under processen. För att få goda strålegenskaper kyles man ner partiklarna med särskild teknik så att partiklarna inte rör sig för kraftigt inbördes.

Fotonen och atomen

Då fotoner reagerar med atomer och molekyler sker en serie olika processer beroende på fotonens energi och atomens och molekylen struktur. Vid fotonenergier i UV- och röntgenområdet kan atomen absorbera en foton genom att en av de inre elektronerna i atomen slungas ut. Detta följs av att en annan elektron i något av de yttre skalerna faller in och tar den utslungade elektronens plats samtidigt som karaktäristisk röntgenstrålning sänds ut. Vi får K-strålning, L-strålning eller M-strålning beroende på om den utslungade elektronen kommer från det innersta, det näst innersta eller det näst-näst innersta elek-

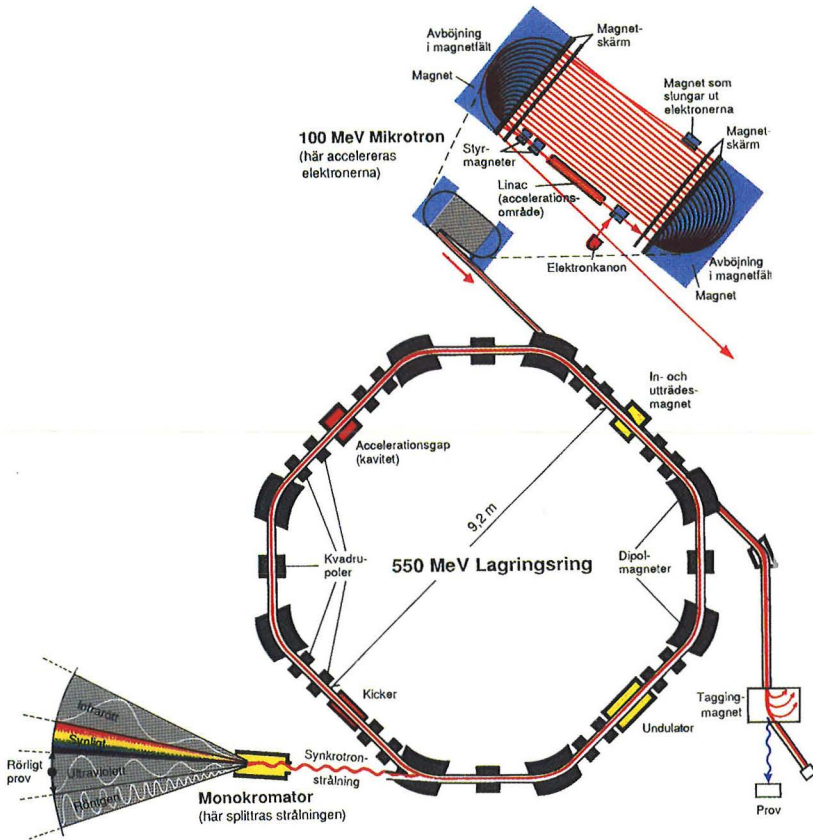


Fig 14 Schematisk bild av MAX I-ringen för 550 MeV elektroner. Injektorn är en 100 MeV race-track mikrotron. Lagringsringen kan även utnyttjas som en pulssträckarring. I ringen finns ett accelerationsgap (kavitet), en kicker som användes då elektronerna tas in eller ut ur ringen och en undulator för energirik synkrotronljus. Schematiskt visas också ett strålrör (beamline) bestyckat med en monokromator (våglängdutväljare).

tronskalet. Den utsända röntgenstrålningen består av flera linjer, K_{α} , K_{β} , osv beroende på från vilket skal den nerfallande elektronen kommer. En konkurrerande process är emissionen av en augerelektron, där en elektron från någon av de yttre elektronbanorna fångar upp överskottsenergin och sänds ut i stället

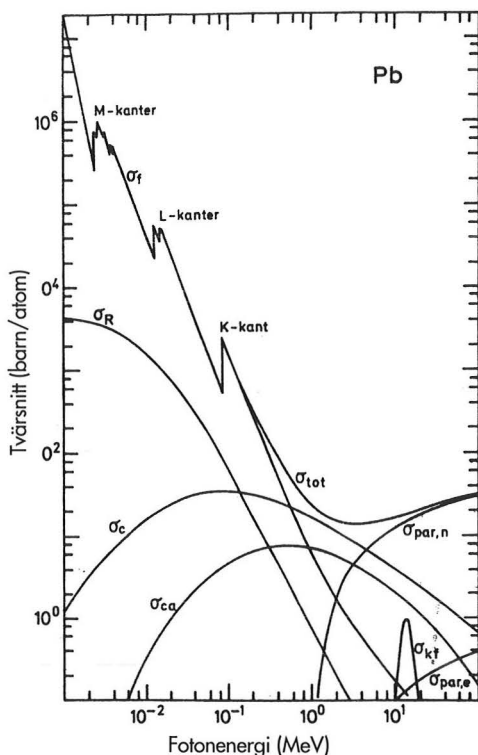


Fig 15 Blyets förmåga att absorbera fotoner (fotontvärsnitt i enheten barn/atom, där barn = 10^{-24} cm²). F står för fotoeffekt, R för rayleigh-spridning, c för compton-effekt, ca för compton energiabsorption, par,n för parbildning i en atomkärnas fält och par,e motsvarande i en elektrons fält, kf för kärnfotoabsorption och tot för total absorption.

för röntgenstrålningen. Om atomen är bunden i en molekyl eller i en atomkonfiguration påverkas röntgenfotonens eller augerelektronens energi.³⁷ Det uppträder finstrukturer som ger kunskap om konfigurationens egenskaper.

Vid högre energier dominerar comtoneffekten i vilken fotonen sprids mot en av de yttersta elektronerna i atomen samtidigt som den ändrar våglängd. Ännu högre upp i energi, över 1 MeV, sker det en materialisation av fotonen i ett elektron-positronpar. Processen sker i närheten av själva atomkärnan, som fångar upp överskottet på rörelsemängdsmoment. Mot högre energier blir denna process allt mer dominerande.

³⁷ Denna effekt, som utnyttjas mycket i synkrotronljusforskning, upptäcktes 1920 av J Bergengren, en av M Siegbahns elever i Lund, och utvidgades av A E Lindh i ett omfattande och grundläggande arbete, som dels verifierade Bergengrens upptäckt och dels visade att den kemiska valensen hos ett grundämne har en tydlig inverkan på absorptionen. Resultaten redovisades 1923 i Lindhs doktorsavhandling *Experimentelle Untersuchungen über die K-Röntgenabsorptionsspektren der Elemente Chlor, Schwefel und Phosphor*. (ref. A Leide Fysiska institutionen vid Lunds Universitet, Ur Lunds Universitets historia 5, Gleerups, 1968).

Vid låga energier, från IR- upp till UV-området sker absorptionen på olika vis. Den kan ske genom elektronövergångar i atomen men också genom rotations- och vibrationsabsorption om atomen är bunden i en molekyl. I IR-området finner vi också energigapet i halvledare (se fig 24, sid 93).

Då fotoner absorberas i ett material kommer det ut olika typer av strålning. I första hand är det elastiskt eller inelastiskt spridda fotoner och sekundära fotoner från elektronövergångar eller från rotations- eller vibrationstillstånd. Ut kommer också elektroner som emitterats vid absorptionsprocessen. Joner kan brytas loss och emitteras. Alla dessa kvanta och partiklar kan registreras och säga något om utgångsmaterialets struktur.

Fotonen och kärnan

Då man forskar i kärnfysik vill man studera olika kärnors egenskaper. Därför måste man se till att inte andra slags kärnor stör mätningarna. Sedan studerar man vilka egenskaper de undersökta kärnorna har genom att se vilken typ av strålning de utsänder eller hur de uppför sig i elektriska och magnetiska fält.

Man kan också störa atomkärnorna genom att beskjuta dem med partiklar och se vilka kärnreaktioner som sätts igång. Vad som händer beror på typen av partiklar man beskjuter kärnorna med. Om man använder partiklar som stör dem genom stark växelverkan (sådana partiklar är ex protoner, neutroner, olika typer av mesoner), reagerar kärnorna mycket kraftigt om det blir fullträff. Kärnan fångar upp partikeln redan på sin yta, varvid den hettas upp starkt och kokar av några av sina nukleoner (protoner och neutroner). Om partikeln missar och bara stryker förbi börjar kärnan att rotera eller vibrera eller också plockar partikeln ut en ytligt befintlig nukleon eller nukleonhop ur kärnan.

Om partikeln i stället stör atomkärnan med elektromagnetisk växelverkan dvs om partikeln är en elektron eller foton (ljuspartikel), är situationen annorlunda. Nu påverkas hela kärnan svagt både på ytan och inne i mitten. Ljuspartikeln lyser upp hela kärnan. Den fysikaliska teorin, QED, kring denna påverkan är så väl utvecklad, att man vet vad som händer i de enklaste fallen på en tiondels milliarddel när eller, uttryckt i avstånd, på ett hårstrås bredd jämfört med ett avstånd från Ystad till Haparanda.³⁸ Därför har man fått mycken väsentlig kunskap om kärnans egenskaper genom att bestråla den med energirikt ljus. Hög energi betyder liten våglängd. För att se små ting i en atomkärna behöver man därför mycket energirikt ljus.

Vad är det som händer då en högenergetisk foton tränger in i en atomkärna? Oftast passerar den rakt igenom kärnan utan att reagera med denna efter-

³⁸ Se fotnot 15.

som sannolikheten, tvärsnittet, för en reaktion är liten. En atomkärnas genomskärningsyta är av storleksordningen 10^{-23} – 10^{-24} cm² medan tvärsnittet för fotonreaktion är 10 till 100 gånger mindre. Absorptionsförloppet kan beskrivas på tre sätt beroende på fotonens våglängd eller energi. Ju högre fotonens energin är, desto mindre enheter i kärnan påverkas. Absorptionsprocessen framgår ur figuren.

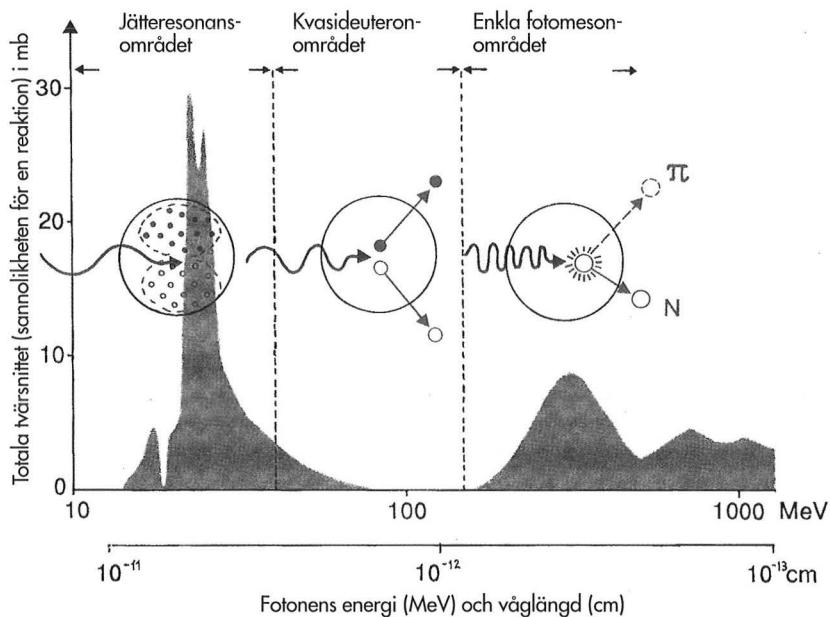


Fig 16 En schematisk bild över hur fotoner med olika energier påverkar en atomkärna, i detta fall O¹⁶. Tvärsnittet 1 mb = 10^{-27} cm².

Kärnfotogruppen

Olle Wernholms 35 MeV elektronsynkrotron installerades 1953 på fysiska institutionen i Lund. Den var i första hand tänkt för strålningsfysikaliska studier, men mycket snart började acceleratoren att utnyttjas för kärnreaktionsstudier med fotoner. Under ledning av Sven Johansson, då docent och sedan 1964 professor i kärnfysik vid LTH, nåddes snabbt internationellt sett mycket intressanta resultat, som blev ett starkt stöd för den då nyligen uppställda

skalmodellen.³⁹ Denna modell utgick från att protonerna och neutronerna inne i kärnan rör sig i bestämda banor trots att kärnan är synnerligen kompakt. Med denna accelerator utförde kärnfotogruppen experiment i jätteresonansområdet ända fram till mitten av 60-talet. Många av de erhållna resultaten väckte betydande intresse. Förutom studiet av fotoprotoner studerades fotodeuteroner, fotoalfapartiklar och fotofission. Resultaten från fotofissionsstudierna stödde starkt Aage Bohrs modell med dubbelpuckelbarriärer i fissionsprocessen.

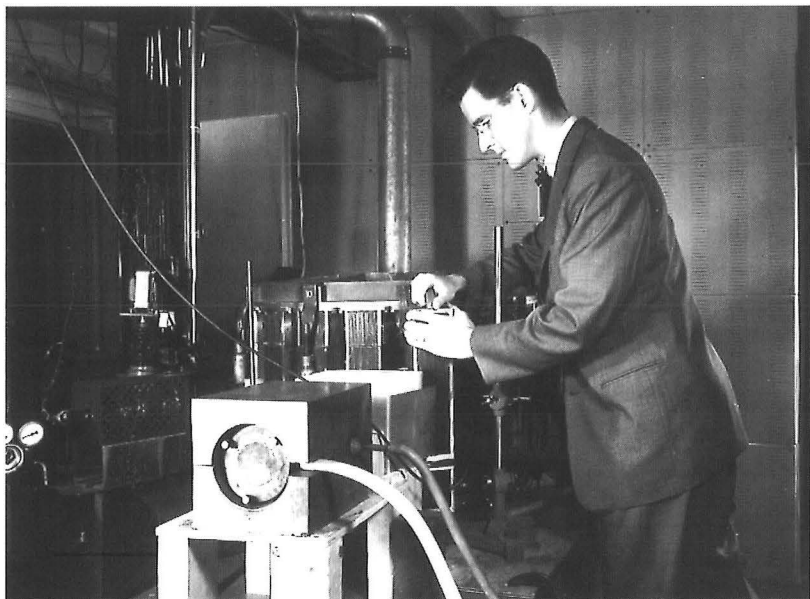


Fig 17 Sven Johansson vid 35 MeV-synkrotronen och uppställningen för O^{16} -experimentet (1973). Foto: Tekniska Museet Malmö.

Efter det att 35 MeV elektronacceleratorn stängts ner flyttade kärnfotogruppen sin verksamhet till 1,2 GeV synkrotronen och en intensiv verksamhet startade för att studera kärnfotoreaktioner i kvasideuteronområdet och det enkla fotomesonområdet.⁴⁰ Den snabba utvecklingen av gamma- och partikeldetektorer under senare delen av 60-talet medförde att nya

³⁹ S A E Johansson and B Forkman *Fine Structure in the Photoproton Spectrum of Oxygen*, Phys Rev 99 1031 (1955).

⁴⁰ 35 MeV elektronacceleratorn överfördes i början på 70-talet till Tekniska Museet i Malmö, där den finns uppställd.

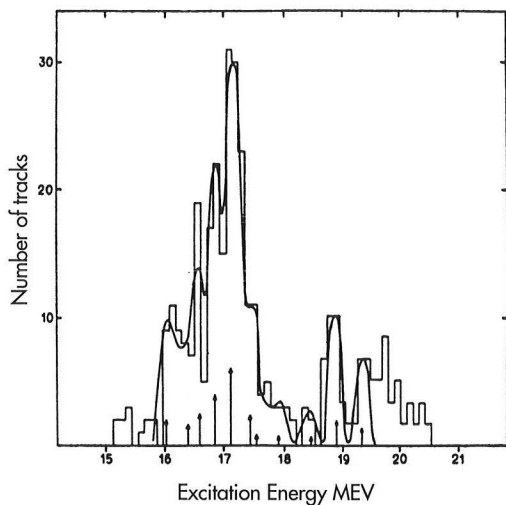


Fig 18 Figuren visar energifördelningen på emitterade fotoprotoner då O^{16} kärnan exciteras till jätteresonansen. Strukturen i spektrum visar att det finns struktur i resonansen som i sin tur styrker skalmodellen.

spännande experiment inom kärnfysik kunde utföras med begränsade resurser. Acceleratorn var ju i första hand ej byggd för kärnfysikforskning utan för elementarpartikelfysik och till detta forskningsområde gick merparten av tillgängliga medel.

Kärnfotogruppen växte snabbt i storlek.⁴¹ Det fanns ringa kunskap om hur atomkärnan påverkades av högenergetiska fotoner. Gruppen studerade enkla reaktioner av typ (γ, n) , (γ, p) , (γ, γ') , (γ, π) , $(\gamma, n\gamma)$, $(\gamma, p\gamma')$, där restkärnan lämnades oexciterad eller ringa exciterad.⁴²

Enligt enkel modellbeskrivning tolkades resultaten som om reaktionerna skedde på ytan av kärnan. Mera djupt liggande excitationer gav upphov till spallationsreaktioner. Sådana initierade av protoner hade studerats och systematiserats av uppsalaforskaren Gösta Rudstam i CERN, och hans modellbeskrivning lämpade sig också i modifierad form att beskriva fotospallationsprocessen.

⁴¹ Forskare i Lund som 1973 studerade kärnfotoreaktioner: J-O Adler, FD; A Alm, FK; G Andersson, FK; M Areskoug, FM; I Blomqvist, CI; B Bülow, FM; P Dougan, PhD; M Eriksson, FM; B Forkman, FD; B Friberg, FD; H-Å Gustafsson, FK; G Hyltén, FL; B Johnsson, FK; G G Jonsson, FD; A Järund, FM; T Kivikas, FD; K Lindgren, TeknL; L-J Lindgren, FK; K Lugner, FM; V Ramsay, FM; B Schröder, FD; W Stiefler, FL; C-O Wene, FL.

⁴² Se ex G Hyltén, Nucl Phys A141 (1970) 225, G Andersson et al, Nucl Phys A171 (1971) 529, I Blomqvist et al, Z Phys A288 (1978) 313, G G Jonsson and K Lindgren, Physica Scripta 7 (1973) 49, J-O Adler et al, Nucl Phys A223 (1974) 145, B Schröder, Nucl Phys A197 (1972) 88, M Areskough et al, Z Phys A282 (1977) 333.

Gruppen studerade också emission av kärnklumpar. Resultaten kunde teoretiskt beskrivas genom Monti-Carlo beräkningar, där ingångsprocessen ansågs känd och deexciteringen skedde genom normala kaskad-förångnings-processer. Speciellt intresse knöts till fotofission av tunga och medeltunga ämnen.

Mycken värdefull och ny kunskap erhöles, men forskningsprogrammet kunde inte bära upp hela verksamheten vid en dyr accelerator. Det måste sägas att den typ av kärnfotostudier, som gruppen utförde, begränsades av de enkla metoder den använde. Några undantag utgjorde de experiment som använde partikelteleskop för studium av fotoprotoner och fotoalfapartiklar från en serie olika atomkärnor och också studium av fotosönderdelning av deuterium, vilket gav ökad kunskap om absorptionsprocessen i kvasideuteronområdet. I det senare experimentet bestrålades flytande deuterium och som bakgrunds-körning flytande väte.^{43,44} Märkligt nog blev bakgrundsmätningarna mest observerade internationellt eftersom de med hög precision gav tvärsnittet för reaktionen $\gamma p \rightarrow p\pi^0$.

För att tränga djupare in i studiet av kärnfotomekanismen krävdes mer sofistikerade metoder, men det fanns inte ekonomiska resurser för att realisera detta.

Acceleratorsituationen i Sverige under 50- och 60-talet

Lund

Sten von Friesen fick 1946 tjänst i Lund som laborator i fysik och 1948 som professor med ansvar för kärnfysikområdet. Han reste 1947 på studieresa till USA. Under sin resa besökte han gamla forskarvänner från sin USA-resa 1937, då han studerade cyklotroner. Nu gällde det att planera för ny utrustning i Lund. Han besökte R G Herb i Winsconsin och bestämde sig på ett tidigt stadium för en 3 MV bandaccelerator. Ett avgörande skäl var att den inte krävde så mycket servicepersonal som en cyklotron.

Samtidigt utvidgades planerna kring den nya byggnaden för fysiska insti-

⁴³ P Dougan et al, Z Phys A274 (1975) 73 och Z Phys A276 (1976) 55.

⁴⁴ Att bestråla flytande väte är inte lätt. Man skall uppnå extremt låga temperaturer, man skall utforma en lämplig behållare där gasen kan bestrålas och reaktionspartiklarna detekteras och man skall kunna återvinna vätet. Återvinningen skedde utomhus på taket av synkrotronhallen, där gasen samlades upp i en ballong inrymd i en bur. Ballongen var en presenningssäck, som det visade sig inte var helt tät. Vid ett tillfälle blev det en förskräcklig smäll, då statisk elektricitet fick det läckande vätet att explodera. Det skedde mitt i natten och väckte viss uppståndelse bland villagrannarna i närheten. Eftersom Dougan och Stiefler fruktade att deras experiment skulle förbjudas, om orsaken kom ut, städade de snabbt upp i omgivningarna och hemlighöll sedan det hela på Fysikum.

tutionen i Lund för att bereda plats för kärnfysikalisk forskning och för den påtänkta acceleratoren. Acceleratorn var kommersiellt tillgänglig och de första delarna levererades 1950, samtidigt som den nya institutionsbyggnaden stod färdig.⁴⁵ Tyvärr tog det tid att få bandacceleratorn driftklar, men under åren 1958–1974 var forskningsarbetet aktivt och mer än 60 vetenskapliga arbeten redovisades.

I första hand väckte uppmätningen av utsända fotoner från olika kärnor som fångat in snabba neutroner internationellt intresse. Dessa mätningar utfördes under 60-talet av I Bergqvist och N Starfelt och deras doktorander.⁴⁶

Under 70-talet utvecklade Sven Johansson i samarbete med Roland Akesson och Thomas B Johansson PIXE-metoden, där protoner sveper förbi atomkärnan och initierar röntgenstrålning.⁴⁷ Denna teknik visade sig vara extremt känslig och har fått synnerligen stor uppmärksamhet internationellt. Den är idag en teknik som används rutinmässigt vid många laboratorier i samband med att man vill mäta ytterst små mängder av spårämnen.

Framgångarna ledde till att en ny elektrostatisk tandemgenerator med toppspänningen 3 MV installerades 1975 med anslag från Knut och Alice Wallenbergs stiftelse, K&AW. Acceleratorn kallas pelletron eftersom laddningstransporten sker med en robust kedja av metallcylindrar (pellets) sammankopplade med leder av nylon. Genom åren har PIXE-forskningen på Fysikum varit i internationell tätposition och leds nu av Sven Johanssons efterträdare Klas Malmqvist.

Vi har redan berört hur 35 MeV och 1,2 GeV elektronsynkrotronerna utvecklades på KTH i Stockholm, hur de sedan kom till Lund och hur forskningen vid dem bedrevs. I mitten på 60-talet fanns det flera mycket duktiga fysiker på Fysikum i Lund, både teoretiker och experimentatorer.⁴⁸ Förutsättningarna var personellt därför mycket goda och det var synd att den stora acceleratoren LUSY ej uppfyllde de förväntningar som ställdes på den. Vi har berört skälen härfor. Otillräckliga resurser speciellt vad gällde experimentell utrustning, ingen tidig planering av experimentutrymmen, delat ansvar mellan Stockholm och Lund är några faktorer. Huvudskälet var kanske ändå att utvecklingen inom elementarpartikelforskningen gick så rasande fort att det

⁴⁵ R Hellborg *VdG-acceleratorn i Lund 1950–1974*, Nuclear Physics report LUNP 7404 april 1974.

⁴⁶ I Bergqvist and N Starfelt, Nucl Phys 39 (1962) 353.

⁴⁷ Th Johansson et al, Nucl Instr and Meth 84 (1970) 141.

⁴⁸ Tankarna går i första hand till Guy von Dardel med stor erfarenhet av experimentellt arbete vid CERN, Gunnar Källén, en högeligen kvalificerad teoretiker inom partikelfysik, Sven Johansson, en synnerligen skicklig experimentalfysiker och Sven-Gösta Nilsson, en ytterst kvalificerad teoretiker inom kärnfysik.

var svårt för utomstående att komma in i kapplöpningen. Det var vid de stora internationella laboratorierna som frontlinjeforskningen bedrevs.

Ekonomiskt kan AFR inte lastas allvarligt för den segdragna uppbyggnaden av acceleratoren. Man ansträngde sig verkligen att inom sina ramar skjuta till medel och driftkostnaderna ökade år för år fram till 1968/69. Därefter började anslagen minska även om det inte var drastiskt. Det man dock saknade var ett helhetsgrepp, där maskin, lokaler och forskningsresurser hanterades samtidigt. Vi som ingick i ledningen för acceleratoren förstod nog varthän det barkade och försökte bredda forskningsprogrammet.

Ett led i detta var de två ansökningar som år 1970 ställdes till AFR och K&AW om medel att bygga upp en synkrotronljusstation kopplad till acceleratoren. Båda ansökningarna beviljades. Även om lågenergifysiker internationellt förstod att synkrotronstrålningen från elektronacceleratorer var intressant och inte bara ett hinder, dröjde det länge innan de släpptes in i acceleratorlaboratorierna.⁴⁹ Först 10 år efter upptäckten av synkrotronljus började synkrotronljusfysik bedrivas vid några av de större laboratorierna i Washington, Frascati, Tokyo och DESY. Initiativet att föra upp synkrotronljusforskning på programmet vid lundamaskinen togs inte av svenska lågenergifysiker utan av några kärnfysiker i Lund.

Den samlade erfarenheten från LUSY blev mycket värdefull. När MAX-projektet växte upp fanns en kompetent driftgrupp och ett forskarlag som drog lärdom av misstagen men också av förtjänsterna vid LUSY. Man hade en klarare och mera realistisk syn på verksamheten.

Stockholm, KTH

Förutom uppbyggnaden av 1,2 GeV elektronacceleratoren fortsatte Wernholm och hans grupp att utveckla mindre och kompakta elektronacceleratorer av typ mikrotroner. Som injektor till 1,2 GeV acceleratoren ingick från början en 6,5 MeV mikrotron. Valet av energi bestämdes av att det fanns kommersiellt tillgängligt en mikrotronmagnet för denna energi. Ur acceleratorsynpunkt skulle en mikrotron med dubbla energin utan tvekan varit lämpligare. En sådan byggdes också senare i nära samarbete med LUSYs driftgrupp och installerades 1968.

En intressant utveckling av mikrotronen blev race-track mikrotronen. Toppenergin på en konventionell mikrotron ligger i området 20–25 MeV och begränsas av att allt högre krav ställs på magnetfältets homogenitet vid högre energier. För att kringgå denna begränsning utvecklade ryska och amerikanska forskare en hybridaccelerator, där mikrotronmagneten delades i två halvor och särades. I mellanutrymmet som är fältfritt placerades en liten linjär elektron-

⁴⁹ D H Tomboulia and P L Hartman, *Phys Rev* **102** (1956) 1423.

accelerator.⁵⁰ Wernholms grupp följde som alltid, när det gällde elektronacceleration, denna utveckling mycket aktivt och startade egna studier. Studierna inriktades på att bygga en 50 MeV race-track mikrottron. Energivalet bestämdes av att man då, så vitt man kunde se, täckte upp hela det kommersiellt intressanta energiområdet.⁵¹ Denna utveckling fick banbrytande betydelse för MAX-projektet.

Stockholm, Institutet för atomfysik, AFI

Forskning i kärnfysik påbörjades egentligen ganska sent i Sverige. Startåret kan sättas till 1937 då Vetenskapsakademins forskningsinstitut för experimentell fysik skapades i Stockholm med Manne Siegbahn som föreståndare. I dagligt tal kallades institutet för Nobelinstitutet för fysik och sedermera Institutet för atomfysik, AFI, och numera Manne Siegbahn-institutet för fysik, MSI. Detta institut blev en förebild inom svensk fysikforskning för hur ett effektivt forskningslaboratorium skall organiseras och se ut. Utan tvekan finns här utgångsmodellen till nuvarande nationella forskningsanläggningar.

Redan på våren samma år som Nobelinstitutet skapades sändes Sten von Friesen till USA för att under fem månaders tid studera cyklotroner, främst vid Cornell University och i Berkley. Under hösten startades bygget av en 80-cm cyklotron som i färdigt skick levererade 6,8 MeV deuteroner. Den 13 oktober 1939 hade von Friesen för första gången en utdragen stråle ut ur maskinen. Nästa dag blev han inkallad till militärtjänst. Han fick aldrig tillfälle att utnyttja sin cyklotron. Efter kriget flyttade Sten von Friesen till Lund.

Kärnfysikforskningens utveckling krävde acceleratorer med högre energier. Våren 1945 vidtog intensiva ansträngningar att finansiera en ny mycket större 225-cm accelerator, avsedd för deutronenergier upp till 25 à 30 MeV. Manne Siegbahn lyckades få Rockefeller-stiftelsen att bekosta två tredjedelar eller 500 kkr av totalbeloppet sedan det klargjorts att K&AW var beredd att stå för den resterande tredjedelen. Den stora cyklotronen levererade 1951 deuteroner vid full energi. Denna fast-frekvens-cyklotron var med sin magnet på 400 ton den största i sitt slag i världen.

Det är särskilt tre experiment som man knyter till AFI under 50-, 60- och 70-talen. Det första är det stora internationella samarbetet mellan forskare från Argonne, Harwell, och AFI att vid den stora cyklotronen producera det

⁵⁰ A Roberts, *Ann of Physics* 4 (1958) 115. E M Moroz, *Dokl Akad Nauk (USSR)* 115 (1957) 78,

⁵¹ S Rosander et al. *Sammanfattning av förstudier till en mikrottron med delad magnet*, No. 72–101, inst. för elektronfysik, KTH, 1972.

nya grundämnet nobelium 102.⁵² De erhållna resultaten blev dock kontroversiella. Berkley- och Dubnaforskare kunde inte reproducera resultaten från AFI och Berkeleygruppen har fått prioriteten för upptäckten av grundämnet. Dock har grundämnet kvar det namn AFI-gruppen gav det.

Det andra är det internationellt starkt observerade experimentet av K E Bergkvist, som gav som resultat att elektronneutrinons vilomassa är mindre än 55 eV.⁵³ Denna undersökning grundade sig på de högupplösande elektron-spektrometrar som konstruerades av Kai Siegbahn och hans medarbetare i nära anslutning till acceleratorfysikforskningen.

När Kai Siegbahn flyttade till Uppsala som professor utvecklades forskningen med elektronspektrometrar än mer och han samlade kring sig en stor grupp forskare, som blev världsledande inom elektronspektroskopi. Som ett led i utvecklingen skapades ESCA-metoden (electron spectroscopy for chemical analysis). Dessa forskare och denna forskning har haft synnerligen stor betydelse för MAX-labs utveckling.

Det tredje är det experiment, som lett till ett helt nytt forskningsfält, och visat att nukleonerna i vissa slags kärnor plötsligt kan omlagras vid höga rotationer. Fenomenet kallas ”backbending”.⁵⁴ Upptäckten gjordes 1974, med en i det närmaste utsliten cyklotron.

Uppsala, Gustav Werner-institutet, GWI

Samtidigt med utvecklingen vid AFI skedde en liknande utveckling i Uppsala. The Svedberg hade redan som gymnasist under de första åren på 1900-talet intresserat sig för radioaktivitet och med spänning följt Marie och Pierre Curies arbeten. 1908–1909 var han snubblande nära att inse att samma grundämne kunde ha atomkärnor med olika massor, dvs att det finns isotoper. Nu blev det istället Frederick Soddy som tillerkändes denna upptäckt och som präglade begreppet isotop.

Strax före andra världskrigets utbrott startade The Svedberg och hans medarbetare studium av effekterna när proteiner av olika slag bestrålades med ultraviolett ljus, α -partiklar, γ -strålning, neutroner och ultraljud. För att producera neutroner byggdes en liten neutrongenerator. Den användes under en kort tid för att producera vissa radioaktiva isotoper för medicinska studier, men var inte lämpad för en mera omfattande produktion.

Strax efter krigsslutet sände Svedberg över Helge Tyrén till ett medicinskt institut i New York-trakten för att studera isotopteknik. Efter en tid nåddes

⁵² P R Fields et al, *Phys Rev* **107** (1957) 1460.

⁵³ K E Bergkvist, *Nucl Phys* **B39** (1972) 371.

⁵⁴ A Johnson et al, *Physics Letters* **34B** (1974) 605.

Tyrén av meddelandet att han under sin resa noga borde studera cyklotroner som användes för produktion av stora mängder radioaktivitet för medicinskt bruk. Uppsalaprofessorn i gynekologi, J Naeslund, hade kommit i kontakt med direktör Gustav Werner i textilbranschen, som var en tänkbar finansiär till en sådan cyklotron. I första hand hade Svedberg i tankarna en konventionell cyklotron.

Under sin rundresa i USA hamnade Tyrén i början av 1946 i Berkley där han under ett halvår hade kontakt med McMillan som höll på att testa sina idéer att med frekvensändring kompensera för den accelerande partikeln relativistiska massökning. Detta fascinerade Tyrén mycket och han meddelade Svedberg att man borde satsa på en synkrocyclotron.

Valet var mycket klokt, eftersom man med en sådan accelerator skulle kunna utföra frontlinjeforskning inom såväl medicin som kärnfysik. En sådan cyklotron började byggas för protoner med toppenergin 150 MeV men efter hand pressades prestanda upp till 190 MeV genom att minska på polavståndet, vilket visade sig få stor betydelse för accelerators möjligheter att hävda sig internationellt.

När GWIs (Gustav Werner-institutets) synkrocyclotron stod färdig vid slutet av 1951 var den Europas största synkrocyclotron fram tills 400 MeV synkrotronen i Liverpool kom i gång 1954. Forskningsprogrammet hade då kraftigt förändrats. Enligt de ursprungliga planerna var acceleratoren tänkt för medicinskt bruk och för strålbiosk forskning, men Tyrén och medarbetare insåg anläggningens stora potentiella möjligheter inom kärnfysikforskningen och snart utfördes banbrytande forskning vid studium av (p,2p)-reaktioner. Genom att mäta hastigheterna på de utgående protonerna var det möjligt att hänföra dem till olika energiskal i kärnan och tillordna dessa skal kvanttal i överensstämmelse med skalmodellens förutsägelser.⁵⁵

Skälet till att Tyrén ville höja accelerators toppenergi till strax under 200 MeV var att det då är möjligt att producera pioner. Sådana studier påbörjades i slutet på 60-talet och ledde till ytterligare internationell uppmärksamhet och till en serie doktorsavhandlingar.

Laboratoriets mångvetenskapliga profil där biologi, fysik, kemi och medicin samsas gäller fortfarande. Laboratoriet heter idag The Svedberg-laboratoriet (TSL).

Göteborg

För att fullständiga bilden av svensk acceleratorbaserad forskning inför 50-talet men också för att se utgångspunkten för Onsala nationella astrofysikaliska observatorium, skall vi granska läget i Göteborg.

⁵⁵ H Tyrén et al, Nuovo Cimento, dec 1957, H Tyrén, *Studies of interactions of high energy protons with complex nuclei*, thesis Uppsala, 1958.

Nils Ryde var atomspektroskopist tillhörande den lundsiska skolan. Han utnämndes 1946 till professor i fysik vid Chalmers tekniska högskola och hans uppgift blev att snabbt bygga upp ett grundforskningsprogram i fysik. Kärnfysiken lockade med bättre medelstilldelning och med stöd från Atomkommittén kunde han med förutsättningar liknande von Friesens bygga upp ett kärnfysikprogram även detta baserat kring en bandgenerator. Nils Ryde valde en stående sådan med accelerationsenergin 4 MeV för protoner. Erfarenheter och idéer skaffade han sig genom en kortare vistelse i Köpenhamn.

En färgstark personlighet på Chalmers var Olof Rydbeck professor i radioteknik. Sedan 1945 var han professor i radioteknik vid CTH. Nya byggnader för sektionerna M och E skulle uppföras på Gibraltarområdet. Olof Rydbeck ingick i en tremannagrupp som under våren 1946 åkte över till USA på en längre studieresa för att studera hur byggnaderna skulle planeras.⁵⁶ Självt hade han goda kontakter med ledande laboratorier i USA efter flera års studier där. I planerna fanns också tankarna att bygga en accelerator på CTH och därför ägnade man en hel del tid till att diskutera sådana frågor. De träffade McMillan och studerade synkrocyclotronen på plats och diskuterade den nya synkrotronprincipen. De besökte även D W Kerst. Tankarna på en 250 MeV betatron för CTH växte fram. Efter hemkomsten byggde Rydbeck på försök en 3 MeV linjär elektronaccelerator, men mera avancerade acceleratorplaner lades på hyllan. Intresset för radioastronomin växte upp. Tid och pengar räckte ej till för båda intressena.

År 1949 erhöll CTH ett större landområde (27 hektar) på Onsalahalvön för Olof Rydbecks forskning. Med stor kraft och kunnighet skapades här ett astrofysikobservatorium av internationell klass.

Fyra forskningscentra

Sammanfattningsvis kan sägas att bilden av svensk storforskning i slutet av 40-talet var tydlig.

Nobelinstitutet för fysik (AFI) i Stockholm var ledande. Institutet vidareutvecklades snabbt genom anskaffandet av en stor cyclotron med en toppenergi av drygt 20 MeV. Med denna skulle tyngre ickestabla atomkärnor kunna produceras. Samtidigt utvecklades precisionsinstrument för mätning av β -strålning.

I Uppsala var ett nytt forskningsinstitut under uppbyggnad baserat på en synkrocyclotron med toppenergi upp mot 190 MeV.

I Göteborg och Lund byggdes det upp nya institutioner inom ordinarie utbildningens ram. På båda ställena baserades kärnfysikforskningen på traditionella bandgeneratorer som var väl lämpade för kärnfysikaliska precisionsmätningar.

⁵⁶ Olof Rydbeck *Femtio år som rymdforskare och ingenjörutbildare*, CTH, Göteborg 1991.

Ett nationellt rymdobservatorium Onsala Space Observatory, knutet till CTH började ta form ute på Råö.

Vid KTH i Stockholm hade ett specialintresse för elektronacceleratorer växt upp och detta intresse medförde att Lund 1952 fick en extra resurs av en 35 MeV elektronaccelerator. Ett liknande intresse fanns vid CTH men övergavs för en koncentration mot astrofysiken.

Utvecklingen influerades av naturliga skäl mycket av forskningen i USA och forskare vid samtliga här nämnda institutioner gjorde mycket snart efter krigsslutet studieresor till amerikanska universitet för att följa utvecklingen. Det kan också sägas att de forskare som gav sig tid att stanna en längre tid, upp mot ett år eller mer, påverkade utvecklingen starkare. Jag tänker då speciellt på Kai Siegbahn, Helge Tyrén och Olle Wernholm.

Med de två stora acceleratorerna i Stockholm och Uppsala, med 35 MeV elektronsynkrotronen i Lund, med bandacceleratorer bl a i Göteborg och Lund och med planerna att bygga en 1,2 GeV elektronaccelerator intog Sverige i mitten på 50-talet en tätplats efter England i Europa vad gällde acceleratorer.

CERN

Strax efter andra världskriget startades planerna på ett gemensamt europeiskt högenergifysiklaboratorium. Vid en europeisk kongress i december 1949 i Lausanne väcktes tanken, att i ett europeiskt samarbete skapa vetenskapliga laboratorier som krävde mycket dyr utrustning.⁵⁷

Ett sådant samarbete inom kärnfysikområdet borde därför vara aktuellt. Vid en UNESCO-kongress i Florens i juni 1950 fördjupades planerna. Ur dessa planer bildades CERN (European Organization for Nuclear Research) med tolv medlemsländer varav ett var Sverige. Laboratoriet placerades i Genève och dess tunga utrustning skulle vara två protonacceleratorer, en synkrocyclotron (SC) på 600 MeV och en protonsynkrotron (PS), byggd enligt stark fokusering principen, på 30 GeV.

Planerna förverkligades och konkreta förslag på en fortsatt utveckling av CERN växte samtidigt fram under senare delen av 60-talet. De nya planerna benämndes CERNs 300 GeV-projekt (även SuperCERN eller CERN II).

⁵⁷ A Hermann, J Krige, U Mersits and D Pestre *History of CERN, Vol I & II*, Amsterdam 1987&1990, Stig Nyberg and Kent Zetterberg: FEK report 9, Stockholm (1977), *Sweden and CERN I – the Decision-making Process 1949–1964*.

Nya planer på acceleratorer i Sverige och i Norden

Under 60-talets senare del började den svenska tunga acceleratorutrustningen bli föråldrad och sliten. Dessutom hade den stora elektronsynkrotronen i Lund svårt att komma igång. Utvecklingen inom kärnfysiken och särskilt elementarpartikelfysiken var synnerligen snabb och fysikerna önskade sig högre strålintensiteter, högre energier och bättre möjlighet att accelerera tunga joner.

En serie acceleratorförslag utarbetades. Det största och dyraste förslaget, med lundafysikern Gunnar Källén som primus motor, tillhörde partikelfysikområdet och var ett danskt-finskt-norskt-svenskt förslag. Förslaget gick ut på att bygga en 10 GeV protonaccelerator med hög strålintensitet. Förslaget tytnade bort när Källén förolyckades i en flygolycka 1968.

Ett annat nordiskt förslag var NORDAC.⁵⁸ Detta förslag som presenterades 1970 var ett rent kärnfysikförslag. Det baserades på en kombination av en supertandemaccelerator som injektor och en 4-sektors cyklotron som huvudaccelerator. Denna kombination skulle kunna accelerera inte bara protoner och alfapartiklar utan även lätta och tunga joner upp mot många hundra MeV. Projektet drevs med stor kraft av fysiker knutna till Niels Bohr-institutet i Köpenhamn. Omkostnaderna för projektet uppskattades till 100 Mkr/år som skulle fördela sig på de fyra nordiska länderna.

Tidigt år 1972 skrev den danske utbildningsministern till sina nordiska kolleger och rekommenderade projektet på danska regeringens vägnar. Positivt gensvar erhöll man från Norge och Finland, men svårigheterna var betydligt större från svenskt håll. Det fanns två orsaker härtill. Den ena orsaken var, som vi snart skall se, den svenska regeringens beslut året innan att delta i SuperCERN-projektet, vilket lamslog all kärnfysikexpansion. Den andra orsaken var att forskare på AFI kände sig hotade av förslaget.⁵⁹ Sannolikt skulle AFI ha lagts ner om förslaget gått igenom.

Redan i början på 60-talet förde både AFI och GWI fram planer på bättre experimentutrymmen och medel till ombyggnad av de stora protonacceleratorerna.⁶⁰ På AFI ville man bygga om 225 cm cyklotronen till isokroncyklotron för 80 MeV protoner m fl partiklar och på GWI ville man ha medel till att bygga om för att höja intensiteten på synkrociklotronen. Vid CTH ville man ersätta sin bandaccelerator med en tandemaccelerator på totalt 12–

⁵⁸ NORDAC: *Indstillning om nordisk acceleratorfysik 1970, NORDAC: En accelerator for tunge og lette ioner*, 1970.

⁵⁹ Ove Nathan *Egne Veje*, Munksgaard 1998.

⁶⁰ Torsten Lindqvist *Svensk Naturvetenskap 1964*, NFR (1964), sammanfattning av PM från AFR till Forskningsberedningen.

15 MV men förklarade sig senare föredra en cyklotron. Vid fysiska institutionen i Uppsala ville man ha en sektorfokuserande cyklotron eller en kraftfull tandemaccelerator.

Året 1963 beviljade AFR medel till inköp av en 2x6 MV tandemaccelerator till Uppsala. Detta bottnade delvis i ett gammalt löfte till Kai Siegbahn att gottgöra fysiska institutionen i Uppsala eftersom 1,2 GeV elektronacceleratorn placerades i Lund. Trots en snabb beslutsprocess och trots att acceleratoren kunde köpas med snabb leverans, togs den nya acceleratoren i bruk först 1970.

De övriga projekten förverkligades ej. Skälet till detta har att göra med CERNs tillbyggnadsplaner och Sveriges deltagande i projektet.

Sveriges deltagande i SuperCERN

Den 27 januari 1971 är en avgörande dag för svensk acceleratorbaserad forskning. Efterkrigstidens yra över kunskapsutvecklingen inom kärnfysik och partikelfysik var definitivt slut. Det är inte att förvånas över att de två atombomberna mot Japan i det andra världskrigets sista dagar gav sådana reaktioner att de ledde till stora satsningar i många länder inom forskningsområdet kärnfysik. Denna forsknings möjligheter inom såväl den militära som den fredliga sektorn var uppenbara för alla och speciellt för politikerna.

Även i Sverige, med Tage Erlander som forskningsvänlig minister, satsades statliga medel på denna typ av forskning. År 1945 var Erlander ecklesiastikminister och blev under hösten 1946 statsminister. Under hela sin tid var han i forskningsfrågor starkt influerad av sin nära vän från lundaåren Torsten Gustafson, professor i teoretisk fysik.⁶¹ Forskningen handlades över ett särskilt organ, Atomkommittén, som bildades redan hösten 1945. Denna kommitté hade status som forskningsråd och 1959 ombildades den till Statens råd för atomforskning, AFR. Vi har redan sett att Sverige i början på 50-talet hörde till de ledande nationerna inom acceleratorbaserad kärnfysik. Sverige var med från början i fördiskussionerna om CERN och skrev år 1953 under den internationella överenskommelsen att skapa CERN. Detta beslut ledde icke till en offentlig politisk eller forskningspolitisk diskussion. Regeringen betalade direkt medlemsavgiften utan att det medförde inskränkningar för andra vetenskaper.

När de nya planerna på CERN II växte fram i mitten på 60-talet, var situationen helt annorlunda. För det första hade nu andra både gamla och nya

⁶¹ T. Gustafson *Svensk fysik under 30 år*, Svensk Naturvetenskap, NFR, (1975).

forskningsområden inom naturvetenskap också vuxit sig starka. Ett sådant nytt område var fasta tillståndets fysik. Forskarna inom dessa områden krävde ökade resurser. De nya områdena visade sig ofta vara starkt industriellt orienterade och betydelsefulla för svensk industri. För det andra blev motståndet mot kärnvapen och kärnkraft allt starkare bland svensk allmänhet och därmed blev begreppet kärnfysik värdeladdat. För det tredje kunde man visa att CERN inte utnyttjades av svenska fysiker i den grad som man förväntade sig och som svarade mot Sveriges medlemsavgift.

Det blev i första hand lågenergifysiker inom atomfysik och fasta tillståndets fysik som kritiserade att Sverige skulle söka medlemskap i CERN II. En häftig polemik för och emot fördes av fysikerna i dagspressen. Detta var ett nytt inslag i svensk forskningspolitik. Förespråkarna hävdade att det enbart inom högenergifysiken utfördes verklig frontlinjeforskning, som vidgade människans kunskap, medan motståndarna menade att högenergiforskning utvecklats till en lyxforskning utan någon förankring i verkligheten. Denna polemik och beslutsprocessen om CERN II har skildrats utförligt av flera.⁶²

Den svenska regeringen avvaktade in i det sista beslutet om medlemskap i CERN II. Förhandlingarna med AFR hårdnade under hösten 1970 och nådde sin spets, då regeringen krävde att kostnaderna för CERN II måste bестridas inom AFRs egen budget, om rådet förordade ett medlemskap. Nu gällde frågan inte bara om det var rätt eller fel att stödja CERN II-forskning, utan också om kostnaderna skulle belasta den befintliga forskningen.

När ärendet kom upp i AFR den 27 januari 1971 för slutligt ställningstagande blev det omröstning med 6 röster för, 3 emot och 2 nedlagda röster.

Två tunga namn i diskussionen var huvudsekreterare Gösta Funke, som hade sitt hjärta i CERN och som hade stor erfarenhet av diskussioner med politiker och Sven Johansson, nybliven universitetsrektor i Lund, respekterad både som forskare och administratör. Gösta Funkes ståndpunkt var att forskare måste våga gå in även i dyra projekt, som ligger i fronten, och därefter pressa regeringen till att få mer pengar. Sven Johansson var ingen vän av stora övergripande projekt och lade ner sin röst eftersom han tyckte att frågan om CERN II mer var av politisk och ekonomisk karaktär än av vetenskaplig. I varje fall gällde detta för ett litet land som Sverige, som inte kunde utnyttja CERN i en

⁶² Axel Hadenius, FEK Report 3, Stockholm, 1972, *Sweden and CERN II – The Swedish Research Policy Debate: A Study of the Research Policy Debate in Sweden 1964–1971 Concerning the CERN II Programme*.

Sven Widmalm *Big Science in a Small Country, Sweden and CERN II*, Chapter in: *Center on the Periphery, Historical Aspects of 20th-Century Swedish Physics*, (Svante Lindqvist ed) Science History Publications /USA, Watson Publishing International, 1993.

omfattning som svarade mot insatsen. Det var därför orimligt att AFR skulle bära hela den ekonomiska bördan.

Båda hade rätt. Beslutet om CERN II fick förödande effekt på den inhemska kärnfysikforskningen, vilket klart framgår ur AFRs budget under åren 66/67–76/77 (diagram 3).⁶³ Summan av forskningsanslagen till Statens naturvetenskapliga forskningsråd (NFR), till AFR och till CERN hade en tillväxt på i snitt 5% under perioden 1950–1975, men på grund av CERN II-beslutet skedde det en dramatisk förändring mellan ämnesområdena under de nämnda budgetåren. Självklart var också, i varje fall då man ser tillbaka, att regeringen aldrig skulle ha accepterat ett nej från AFR. Ärendet var alltför politiskt laddat för det.

På lång sikt fick Funke rätt så till vida att nya friska pengar tillfördes forskningen över det nya forskningsorganet Forskningsrådsnämnden (FRN) under beteckningen storforskningsmedel eller "big science"-medel, men dessa pengar kanaliserades till största del till andra forskningsområden än kärnfysik. Den inhemska kärnfysikforskningen blev lidande, som Sven Johansson förutsade.

En konsekvens av det svåra beslutet och den uppsplitande debatten blev att forskningen omorganiserades. AFR uppgick i NFR och en övergripande forskningsrådsnämnd, FRN, skapades. Situationen liknar på många vis dagens. Nyligen har det diskuterats om Sverige skall fortsätta att vara medlem i CERN och även nu har omorganisationer av råden skett delvis på grund av besparingar men också på grund av de nya stiftelserna som vuxit upp ur löntagarfonderna. Även nu är CERN-frågan av stark politisk art och helt nyligen har regeringen ej tillåtit ett utträde som rekommenderades av ekonomiskt hårt trängda forskare.

En omedelbar följd av CERN II-beslutet var att de medel på 3,4 Mkr som AFR planerat att avsätta för en ombyggnad av GWI-acceleratorn ej längre kunde utbetalas. Detta i sin tur innebar att upprustningen av GWI uppsköttes mer än 10 år.

En annan följd var att AFR beslöt om en avvecklingsplan för rådets stöd till 1,2 GeV elektronacceleratorn i Lund. Beslutet var väntat och logiskt. Om CERN och partikelfysiken skulle få så stor del av forskningskakan, måste begränsningar göras inom den inhemska partikelforskningen. Trots detta var det ett smärtsamt beslut för många i Lund. Efter stor kamp hade man bara något år tidigare lyckats pressa upp maskinens prestanda till internationellt godtagbara. För att ge kärnfoto gruppen möjlighet att ställa om sitt forskningsprogram utsträcktes avvecklingsplanen till fyra år. AFRs uppfattning om gruppens forskningsarbeten var positiv och man vill ge den möjlighet och tid att söka sig utomlands till de större laboratorierna.

⁶³ Kurvorna i diagrammet är hämtade från Sven Widmalm, *ibid*.

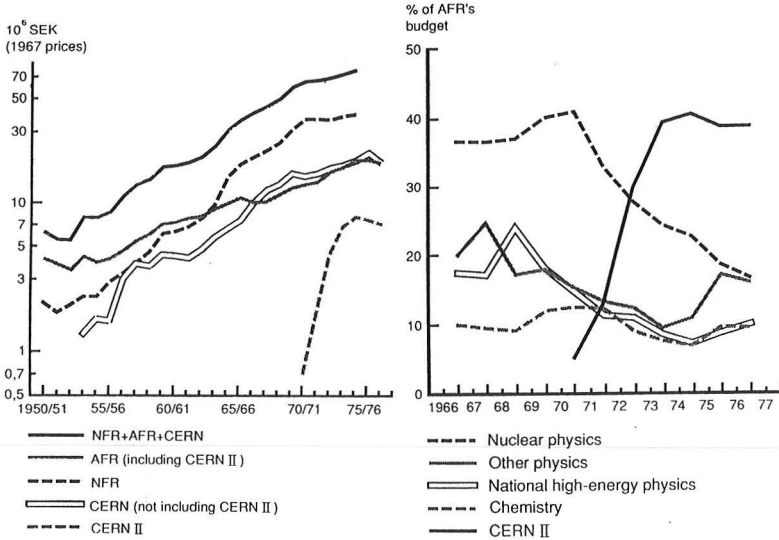


Diagram 3 Vänster: Statliga bevilningar till NFR, AFR och CERN under perioden 1950/51–1976/77. Höger: AFRs stöd till olika forskningsområden under perioden 1966/67–1976/77.

Självaste beslutet dröjde ungefär ett år eftersom ärendet först penetrerades av en utredning.⁶⁴ Utredningen leddes av Jan Nilsson, bitr. professor vid GU. Dess rekommendationer var att driften vid LUSY skulle fortsätta och att verksamheten skulle styras över mot kärnfotoforskning. Elementarpartikelfysikverksamheten vid laboratoriet skulle avvecklas och AFR skulle aktivt verka för att den AFR-anställda personalen överfördes till LU. Svaret var dock givet på förhand. En avveckling av LUSY skulle ske.

När beskedet kom 1972-05-17 kunde man läsa följande löpsedel från Sydsvenskan men med facit i hand måste man konstatera att det var ett riktigt beslut som AFR fattade.⁶⁵



Fig 19 Sydsvenska Dagbladets löpsedel 720517

⁶⁴ Framtida verksamhet vid 1.2 GeV synkrotronen i Lund, AFR, 1972.

⁶⁵ Ett foto av denna löpsedel har legat på mitt skrivbord ända sedan dess och jag har tagit fram det när det behövs krafter till nya tag.

Synkrotronlaboratoriet i Lund i kris

Det var en tämligen stor grupp av forskare (47) och tekniker (35) som ledningsgruppen för kärn- och partikelfysik vid LU basade över. Ledningsgruppen hade ansvar för verksamheten vid LUSY men även för verksamheten vid Fysikums två van de Graaff-acceleratorer på 3 MeV och 0,5 MeV samt för extern forskning. Avvecklingsplanen gällde enbart verksamheten vid LUSY. Den totala budgeten som ledningsgruppen administrerade löd på 4,2 Mkr varav 2,5 Mkr tillföll verksamheten vid LUSY. Totalt stod AFR för 1,7 Mkr och av dessa gick 1,1 Mkr till LUSY. Av de 35 teknikertjänsterna avlönades 21 över AFR och av de 47 forskartjänsterna stod AFR för 9. AFRs bidrag till verksamheten vid LUSY uppgick till 45% och LUs till 55%. När det gällde själva driften av LUSY var siffrorna omkastade. AFR stod för 60% och LU för 40% av kostnaderna.

I samband med AFRs beslut om avveckling, låg det nära till hands att ställa sig frågan: Vem skall styra utvecklingen över ett storforskningsprojekt om det finns flera stora finansiärer? Har den ena parten rätt att dra tillbaka sitt stöd utan att diskutera följderna med den andra parten? Idag har denna fråga lösts genom en särskild avvecklingsklausul i avtalet mellan universitet och forskningsråd, men så var ej fallet på 70-talet. Då fördes sällan sådana samtal. Normalt diskuterade inte heller parterna sinsemellan stödet till nya projekt.

Forskningsråden har idag blivit betydligt mer förhandlingsvilliga och universiteten mer utåtriktade.

Som framgår av tabellerna skulle antalet tjänster reduceras från 30 till 9 och materialanslaget minska från 367 kkr till 150 kkr.

Tabell 4 AFRs avvecklingsplan av anslag och tjänster till forskning i elementarpartikelfysik och kärnfysik i Lund (kkr)

Bå	Anslag				Tjänster			
	Ansl.	Lön.	Mat.	Förv.	Bas-org	Part. fysik	Kärn- fysik	Tot.
71/72	1705	1322	367	16	—	—	—	30
72/73	1428	1245	169	14	16	5	5	26
73/74	1200	968	220	12	11	2,5	5	18,5
74/75	900	750	150	—	9	1	5	15
75/76	700	550	150	—	7	—	5	12
76/77	600	450	150	—	4	—	5	9

AFRs beslut om avveckling ledde genast till en skrivelse till den tekniska fakulteten LTH vid LU från institutionen för kärnfysik.⁶⁶ I skrivelsen gavs en analys av AFRs avvecklingsplan och påpekades att AFRs respektive MNFs personalstöd till själva driften av LUSY uppgick till 6,7 resp. 4,8 teknikertjänster. LTHs stöd var mycket ringa. Avgörande för framtiden var att några teknikertjänster på AFR-listan kunde räddas över från avvecklingsplanen, eftersom de var nyckelpersoner. Orsaken till att dessa personer fanns på AFR-listan berodde på att lönesättningen på rådsnivå var friare än på LU-nivå. Skrivelsen mynnade ut i begäran att LTH skulle betrakta synkrotronlaboratoriet som en resurs och överta anställningen av ingenjörerna Lars Hansson och Leif Thånell. Lars Hansson hade vid denna tidpunkt varit anställd hos Atomkommittén och AFR under 18 år och skrivelsen visar i ett nötskal hur ringa arbetsstryggheten var så sent som på 70-talet. Mycket har förbättrats sedan dess.

Fakulteten beslöt med överväldigande majoritet att under ett år från och med den 1 juli 1973 anställa de två ingenjörerna. Ett år senare fortsatte man förordnandena efter en noggrann utredning. Denna lojalitet över fakultetsgränserna fick avgörande betydelse för den framtida utvecklingen av MAX-lab.

Drygt ett år senare begärde fysiska institutionen att få överta ansvaret för den AFR-anställda 1:e forskningsingenjören Werner Stiefler. Matematisk-naturvetenskapliga fakulteten (MNF) godkände detta och därmed hade 3 av de 6,7 AFR-tjänsterna räddats.

⁶⁶ Skrivelse daterad 720523, undertecknad av B Forkman och S Johansson.

MAX blir till

Trådändar

Nu känner vi till förutsättningarna för MAX och det gäller att knyta ihop alla idéer och trådändar. Trådarna löper samman våren 1973 och den första versionen av MAX-projektet formuleras. I samband med AFRs avvecklingsbeslut av LUSY våren 1972 bad man ledningen för acceleratoren att ge en avvecklingsplan över rådsanställd personal och samtidigt bad man kärnfotogruppen lämna en omställningsplan över sin forskning.

Naturligtvis hade vi i kärnfotogruppen funderat över vad som skulle ske om LUSY skulle avvecklas. Redan flera år tidigare hade vi breddat vårt forskningsprogram och utfört experiment vid utländska accelerators. DESY i Hamburg låg närmast, men vi hade också nära samarbete med Saclay utanför Paris och med olika universitet i USA, speciellt med Ames University, Illinois, och senare med MIT, Massachusetts. Vi ville utveckla våra metoder och följa den internationella utvecklingen. En plåga som under alla år stört oss, var att vi gjorde experiment med bromsstrålning, som hade ett kontinuerligt energispektrum. Speciellt olyckligt var att detta spektrum föll som kurvan $1/E$ mot högre energier. Med avund hade vi sett hur de kärnfysiker som arbetade vid protonacceleratorer hade energiskarpa protoner att arbeta med och därför på ett helt annat sätt kunde studera hur sannolikheten för olika reaktioner varierade med energin.

Tänk om vi också kunde få energiskarpa med fotoner. Sedan länge hade olika principer för att åstadkomma energiskarpa fotoner utvecklats, men konstigt nog hade de ej slagit igenom. Orsaken var att skuren av fotoner från acceleratoren kom under mycket korta ögonblick. Det innebar att man fick ett slags blixtfysik, där det var mycket svårt att avgöra vilka fotoner i blixten som hörde till de reaktioner man studerade. Det var omöjligt att utföra koincidensexperiment mellan ingående och utgående partiklar. Problemet var alltså tvåfaldigt. Först måste man försöka komma bort från blixtfysiken genom att förvandla en fotonskur från att vara en blyxt till att bli en jämn stråle

av fotoner och sedan måste man på något sätt filtrera fram de fotoner i strålen som hade en bestämd energi.

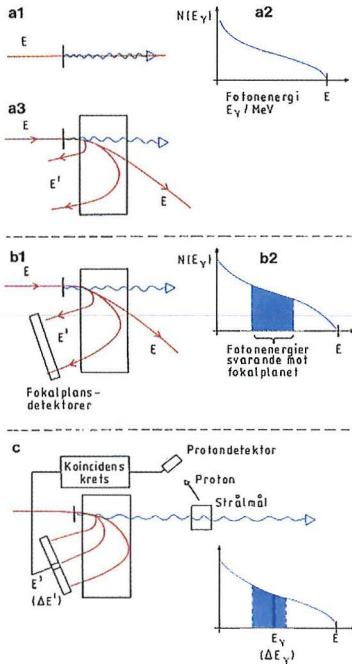


Fig 20 Taggingprincipen

a1) En elektron träffar ett tunt Al-folie och bromsas delvis upp av denna. Samtidigt far en foton ut med en energi lika stor som den elektronen förlorat. I de flesta fall bromsas elektronen enbart lite och fotonenergin blir låg, ibland bromsas elektronen mer och fotonens energi blir större. Sällsynt bromsas elektronen helt och fotonen får samma energi som elektronens ingångsenergi.

a2) En schematisk bild över antalet fotoner med olika energier som sänds ut vid elektronuppbromsning.

a3) Om de delvis uppbromsade elektroner får passera ett magnetfält böjs de mer eller mindre av. En svagt uppbromsad elektron böjs av svagt, en starkt uppbromsad elektron böjs av starkt.

b) Mot varje elektron svarar en bestämd foton. Om vi med en detektor mäter av de elektroner som böjs av inom ett visst krökningsband (b1) vet vi att fotonerna som hör till dessa elektroner ligger inom ett visst energiband (b2).

c) Genom att byta ut detektorn för de avböjda elektronerna mot en hel steg av detektorer kan vi med koincidensteknik mäta ingångsenergin på den foton som slungar ut en proton ur en atomkärna i det prov vi studerar.

Kärnfotogruppen och driftgruppen hade regelbundet gemensamma seminarier. Normalt diskuterade vi en nyutkommen vetenskaplig artikel som först någon doktorand beskrev. Under förvåren 1973 vid ett sådant seminarium hade Kurt Lindgren fått i uppgift att berätta om en japansk studie över kärnfotoreaktioner nedanför jätteresonansen och under tröskelvärdena för partikel-emission. Vid sådana studier var kraven på energiskarpa fotoner ej stora. Man kunde ändå uppnå noggranna resultat. Trots detta kom frågan upp om det var möjligt att utföra liknande studier i och ovanför jätteresonansen? Detta blev den utlösande faktorn. Driftchefen Rune Alvinsson menade att man med den

erfarenheten vi hade och dessutom till ett rimligt pris skulle kunna bygga en pulssträckare som förvandlade en skur av fotoner till ett jämn stråle.

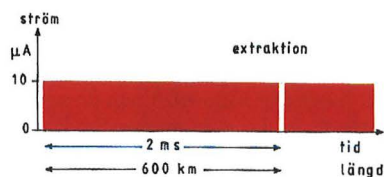
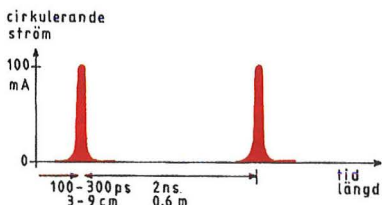


Fig 21 Principen för pulssträckning. Det övre diagrammet visar hur elektronerna slungas ut från injektorn i korta pulser (en mikrosekunds varaktighet och två millisekunders uppehåll). I längd betraktat svarar det mot stora längder (300 meter respektive 600 kilometer). Det undre diagrammet visar hur elektrontåget, ser ut efter det att elektronerna matats in i pulssträckarringen och sedan långsamt trappas av från denna under pausen (2 millisekunder lång) tills dess en ny injektorpuls matas in i ringen. In i ringen kom ett 300 meterståg och ut gick ett 600 kilometerståg. Vi får en i det närmaste kontinuerlig ström av elektroner ut i extraktionskanalen.

Till en sådan pulssträckare kunde man sedan koppla ett taggningssystem som filterade fram enbart de fotoner som hade en bestämd energi.

I mitten på mars några veckor senare skrev jag ett brev till Gert Andersson, som vistades under ett forskningsår i Saclay, där jag berörde dessa tankar.⁶⁷ I brevet skisserades en 100 MeV race-track accelerator med pulssträckarring och taggningutrustning. För första gången var MAX-projektet formulerat.

⁶⁷ Här följer ett utdrag av brevet 730319 till G Andersson: "Mycket tyder på att vi får ett betydligt reducerat anslag från AFR till budgetåret 73/74. I detta läge funderar jag mycket på möjligheterna att skaffa en 50–100 MeV mikrottron till laboratoriet och också på vilka typer av experiment som kan utföras vid en sådan anläggning. Jag räknar med att eventuellt under hösten utarbeta ett förslag som ställs till rådet. I första hand tänker jag på en kopia av Olle Wernholms race-track mikrottron, som levererar en elektronström med kontinuerligt variabel energi mellan 5 och 50 MeV varav intervallet över 30 MeV kan täckas med extraktion ur sista banan. [...] Varför görs alla monoenergetiska lågenergiexperiment, E_γ mindre än 100 MeV, med positroner och inga med taggade fotoner? Finns det några planer på att ha en lagringsring för positronerna, elektronerna från vilken elektronerna långsammare kan spillas ut. [...] Wernholms mikrottron är till dimensionerna väldigt trevlig 1350x550x400 mm och magnetens vikt ca 950 kg och priset är tilltalande. En hemmagjord mikrottron bör kosta mindre än 350 000 kr. Alla upplysningar du kan få fram är jag tacksam för. Det vore roligt att jämföra mikrottronens kapacitet med Saclay-acceleratorn."

MAX-projektet

Utredningen om det nya acceleratorsystemet drevs med stor kraft under hösten 1973. Samtliga medlemmar av kärnfotogruppen och driftledningen för LUSY tog aktiv del. Först analyserade vi vad vi önskade oss och hur detta skulle kunna realiseras. Egentligen ville vi kunna accelerera elektroner upp till 300 MeV, ty vi ville gärna producera fotopioner. Till detta krävdes det mer än 150 MeV och för att nå fram till den första nukleonresonanzen (Δ -resonanzen) behövdes den dubbla energin

Vi insåg snabbt att detta var orealistiskt. Vi måste ta hänsyn till den ekonomiska verkligheten. AFR hade strukit sitt åtagande att renovera GWI-anläggningen. Kostnaden för detta uppskattades till 3,4 Mkr. Om vi skulle ha en möjlighet att realisera vårt förslag måste vi ligga avsevärt under detta belopp. Vi bedömde att en investeringskostnad på ca en tredjedel av GWI-beloppet skulle vara realistiskt. I stället för en 300 MeV-anläggning måste vi begränsa oss till en 100 MeV-maskin som skulle kosta ca 1 Mkr beroende något på om man valde en magnetron eller en klystron som mikrovågkälla.⁶⁸ I beloppet ingick även en analysmagnet på 150 kkr. Den 3 december 1973 var utredningen färdig.⁶⁹ Vi var stolta över att kunna presentera ett intressant projekt till rimlig kostnad. I utredningen står det:

Det är med stor optimism vi framlägger ett förslag till ett nytt elektronacceleratorsystem. Acceleratorsystemet är en trestegskombination av en linjär elektronaccelerator som injektor, en race-track mikrottron på 80-100 MeV och en pulssträckare för att höja dutyfaktorn. Systemet har följande uppenbara fördelar:

- 1) Systemet är en högintensitetsaccelerator ($I \geq 10^{13} e^-/s$).
- 2) Elektronernas slutenergi är skarp och väldefinierad ($E_0 \sim 100$ MeV, $\Delta E \sim 0.1\%$ efter pulssträckaren).
- 3) Dutyfaktorn är stor, minst 50% (dutyfaktor = graden av kontinuerlig ström av elektroner).
- 4) Systemet är anmärkningsvärt billigt. Med analysmagnet och detektorutrustning uppgår materialkostnaderna till ca 963 000 kronor.

⁶⁸ När detta skrivs 27 år senare är snart drömmen verklighet. Med MAXs nya injektorsystem kommer energiområdet för kärnfotogruppen att vidgas till upp mot 250 MeV.

⁶⁹ *max - en elektronaccelerator för kärnfysik*, Fysiska Institutionen LU/LTH 1974; (En utredning över ett elektronacceleratorsystem inom kärnfysik i energiområdet 10–100 MeV samt ett forskningsprogram på detta, Lund 3 december 1973, undertecknat av Rune Alvinsson, driftledning för synkrotronen, och Bengt Forkman, kärnfotogruppen i Lund).

- 5) Under uppbyggnadsperioden behövs förutom den personal som är tillgänglig vid basorganisationen i Lund en ingenjör och två instrumentmakare, vars löner inkl. lkp uppgår till 127 000 kronor. Om en uppbyggnadstid av ca 5 år förutsättes erhållas således en årlig uppbyggnadskostnad av 319 698 kronor.

Tre saker var oss till stor hjälp i utredningen. För det första hölls det i slutet på mars 1973 en stor internationell konferens över kärnfotoreaktioner i Asilomar, Kalifornien, där hela forskningsfältet belystes.⁷⁰ I ett översiktsföredrag över framtida accelerators för kärnfotostudier visade J E Leiss att ett idealt forskningsredskap för studier i jätteresonanzen vore en elektronaccelerator med toppenergin 50 MeV som hade god energiupplösning, god intensitet och hög dutyfaktor. Detta uttalande visade att vi hade sunda idéer.

Den andra faktorn var att vid denna tid utvecklades planerna i Mainz att bygga en trestegskombination av race-track mikrotroner till en toppenergi av 800 MeV (MAMI) med acceleratorkaviteterna nerkylda till supraledande temperaturer för att få en kontinuerlig ström av elektroner. Med denna teknik slapp man pulssträckarringen. Detta var en effektiv men dyr lösning som för oss var kostnadsmässigt omöjlig. Men målsättningen var densamma. Det gällde att göra experiment med energiskarpa fotoner.

Den tredje faktorn var framgångarna vid elektronacceleratorerna DESY och DORIS i Hamburg och lagringsringprojektet LEP i CERN för elektroner och positroner. Elektronacceleratorer hade plötsligt kommit på modet.

Låt oss se hur situationen såg ut våren 1973. AFR hade fattat sitt beslut att avveckla verksamheten vid LUSY. Samtidigt bad man kärnfotogruppen att omformulera sitt forskningsprogram. Trots dessa negativa besked fanns det en önskan hos rådsledamöterna att stödja kärnfotogruppens forskning.

Utredningen kring LUSY hade klart framhållit gruppens förtjänster. Efter tjugo års verksamhet inom kärnfotofysik var gruppen internationellt väl etablerad och insatt i de nya trender som förelåg inom forskningsfältet. Man insåg att framtiden låg i mer avancerad acceleratorteknik med hög dutyfaktor kombinerad med en taggingteknik för energimärkning av fotoner.

Driftgruppen hade från grunden skaffat sig god kunskap om elektronacceleratorer vid sitt arbete att utveckla LUSY. Det nära samarbetet med Wernholms grupp medförde att vi på parkett fick följa nyutvecklingen av race-track mikrotronen. Nya acceleratorsystem förebådade ny spännande forskning med elektromagnetisk växelverkan.

Avvecklingsplanen för LUSY hade tydligt visat att såväl MNF som LTH

⁷⁰ *International Conference on Photonuclear Reactions and Applications*, March 26–30 1973, Lawrence Livermore Laboratory, University of California, 1973.

vid LU kände ansvar och lojalitet att rädda kvar nyckelpersoner inom acceleratorgruppen. Den goda relationen mellan MAX-gruppen och LUs rektor Sven Johansson var av betydelse.

En månad efter det MAX-utredningen presenterades var det dags att söka medel från AFR för budgetåret 74/75. Ansökan följde utredningens förslag så när som att det dessutom äskades en halv tjänst som forskningsassistent för Mikael Eriksson. Motiveringen löd:

Under det utredningsarbete som föregått denna ansökan har FM Mikael Eriksson vid sidan av sitt egentliga forskningsarbete engagerats för acceleratorfysikaliska beräkningar.⁷¹ Det återstår emellertid mycket teoretiskt arbete som grund för konstruktionerna, både vad gäller pulssträckaren och beamlines, magneter etc. Då Eriksson genom sin begävnin och entusiasm gjort ett mycket gott arbete är det naturligt att han även i fortsättningen deltar i detta arbete. Han har hittills arbetat härmed praktiskt taget utan ersättning men bör nu ges lön enligt befördringsgången för forskningsassistenter.

Redan i maj 74 visade AFR ett försiktigt intresse för MAX-projektet genom att bevilja medel till den sökta halva forskningsassistenttjänsten. I augusti 74 tog AFR upp ärendet i sin petita för 75/76 och äskade medel för att starta projektet och i oktober 74 uppdrog man åt Arne Johansson, UU, och åt Torleif Ericson, CERN, att granska projektet ur vetenskaplig synpunkt samt åt Olle Wernholm, KTH, att granska det ur teknisk synpunkt. Samtidigt bad MAX-ledningen en rad utländska experter att yttra sig över MAX-projektet. Samtliga experter som AFR och MAX-ledningen tillfrågade visade stort intresse för projektet och gav det sitt fulla stöd. Utredningsarbetet fortsatte under hela 1975. I petita för 76/77 (daterad augusti 75) skrev dock AFR in en gardering, där man säger att i avvaktan på regeringens beslut angående uppbyggnaden av GWI-acceleratorn har rådet ej kunnat ta slutgiltig ställning till förslaget om MAX-projektet.

Under våren 76 kom så genombrottet. MAX-ledningen hade 760128 ansökt hos AFR om 4699 kkr (svarande mot 1844 kkr i löner (6 och en halv tjänst) och 2855 kkr i materiel). Uppbyggnadstiden uppskattades till 4 år. Som syns skedde det en väsentlig kostnadsökning från huvudansökan 1974

⁷¹ M Eriksson hade startat sin forskarutbildning inom kärnfotogruppen ett par år tidigare och bl a gjort beräkningar på tvärsnitt och isomera förhållanden vid fotoninducerade spallationsreaktioner i ⁴⁴Sc och ¹²⁷I. I maj 1976 disputerade han på avhandlingen *Studies on a 100 MeV race-track microtron/pulse-stretcher system*. Dagen efter disputerade LUSYs driftchef Rune Alvinsson på avhandlingen *Basic design considerations and description of a proposed 100 MeV race-track microtron/pulse-stretcher system*.

till kompletteringsansökan 1976. MAX-projektet tillstyrktes av AFR, som beslöt att stödja verksamheten med ett fyraårskontrakt lydande på 600 kkr/år (280 kkr i löner och 320 kkr i materiel) under förutsättning

*att regeringen godkänner beslutet,
att M Eriksson tillsätts på den efter R Alvinsson ledigblivna tjänsten,
att kärnfotogruppen får disponera LU och LTH anställd personal vid synkrotronen för MAX-projektet samt normal andel av verkstadsresurserna,
och att ytterligare nödvändiga medel erhålles inom ett år genom fonder, privata donationer el dyl.⁷²*

MAX-projektet kunde påbörjas ett år före det avvecklingen av LUSY var fullföljd vilket innebar att rådets merkostnad för projektet endast blev 3x160 kkr eftersom det var möjligt att omdisponera mellan löne- och materialkostnader.

I AFRs petita 77/78 (daterad 760806) redogjorde rådet för sin tillstyrkan. Denna petita utgjorde rådets testamente till det nya sammanslagna naturvetenskapliga forskningsrådet.

Finansiering av nakne MAX (race-track + pulssträckare)

AFRs beslut våren 76 att stödja MAX-projektet och svara för ca halva kostnaden med hänvisning till att finansieringen av den andra halvan måste ske inom ett år över fonder, privata donationer el dyl, innebar för MAX-ledningen att finna nya finansiärer. AFR sköt över förhandlingarna till de projektsökande. Detta hade sina fördelar men naturligtvis även sina nackdelar. En klar fördel var att MAX-ledningen kom i direktkontakt med K&AW och med Riksbankens Jubileumsfond, RJ, till vilka den ställde sina ansökningar. Nackdelen var svårigheten att samordna de olika finansiärerna och deras villkor.

⁷² Ärendet förbereddes inom Fysikdelegationen/AFR. I brev 760318 till AFR från handläggarna Arne Johansson och Sigward Nilsson rörande kärnfysikforskning i Lund står att läsa: "Skälen till ställningstagandet är följande

- (i) Projektet är vetenskapligt intressant och ger Lund en profilering mot elektronmaskiner.
 - (ii) Forskarnas engagemang är mycket starkt.
 - (iii) För investerade 0.48 Mkr får rådet en unik elektronaccelerator inom sitt verksamhetsområde.
 - (iv) Alternativet med en slutnivå redan 1977/78 för kärnfotogruppen ger ett i alla avseende sämre fysikaliskt utbyte.
 - (v) Projektet är lämpligt att föra fram i den sammanslagna rådsorganisationen.
 - (vi) Delegationen har tidigare uttalat sig mycket positivt om kärnfotogruppen och MAX.
- Delegationen bör ta konsekvenserna av sina uttalanden och realisera ett möjligt stöd."

Arne Johansson, UU, och Sigward Nilsson, SU, gjorde ett utmärkt handläggnings- och förhandlingsarbete under de två år som MAX-projektet utreddes.

I den gemensamma ansökan till RJ och K&AW prutades analysmagneten för e-spridning bort och samtidigt gjordes en ny grundlig uppskattning av kostnaderna. Trots att ännu inga fasta beslut fattats om projektet hade MAX-gruppen kommit ganska långt i själva uppbyggnaden av race-track mikrotro- nen. Detta hade finansierats med inbesparade löne- medel. Från början hade vi ej väntat att sådana medel skulle bli tillgängliga, men det visade sig att flera av de anställda som var varslade för uppsägning lämnade sina tjänster i förtid. Detta innebar att den gemensamma ansökan trots ständiga för- dyrningar, inte minst på vakuumsidan, kunde reducerades till knappt 1500 kkr .

Inom några månader an- slog K&AW halva be- loppet under förutsättning att resterande medel beviljas från annat håll. RJ var mera tveksam till MAX-ansökan, vilket inte var att förundra sig över eftersom fondens huvuduppgift är att stödja verksamheter inom de humanistiska och samhällsvetenskapliga områdena. K&AWs snabba ställningstagande fick dock RJ att i maj 77 tillstyrka ansökan med löne- medel under en fyraårsperiod svarande mot 600 kkr. Efter förhandlingar mellan NFR och LU erhö- ll projektet över LUP-medel (utrustnings- anslag till LU) det resterande be- loppet. MAX-projektet var i hamn.

Forskningsplanering och organisation vid MAX

Samtidigt med att kärnfoto- och acceleratorgruppen utarbetade ansökan om MAX-projektet startade vi en treårig ambitiös seminarie- och studiekurs för de båda grupperna. Kursen fick namnet "Fotonen och Kärnan" och behandlade hela fältet av elektromagnetisk växelverkan med kärnmateria. Kursen doku- menterades i tre kompendier som fick titlarna " Jätteresonansen", "Mediära kärnfotoreaktioner" och "Elektronspridning". Det var ett väl utbildat fors- karlag som förberedde forskningsprogrammet vid MAX.

När AFR 1976 hade fattat sitt beslut om MAX-projektet startade vi inom accelerator- och kärnfotogruppen även en mycket aktiv diskussion om hur projektet skulle organiseras och drivas. Vi satte oss på skolbänken och studera- de projektadministration under Gert Anderssons ledning. Enkla ofta självkla- ra saker fick form och struktur. På detta vis fick projektet en stark organisation och samtidigt fick alla sina väldefinierade uppgifter. Klara målsättningar upp- rättades med en serie delmål och tydliga ansvarsuppgifter delades ut. Vi disku- terade tidplaner med uppföljning, behovet av ofta förekommande kontrollsta- tioner och nödvändigheten av fast ekonomisk beskrivning. Vi strävade aktivt efter att få representation i institutionsstyrelsen och att upprätta ett kontaktnät med representanter inom förvaltningen och inom fakulteterna. Vi insåg nöd- vändigheten av god personalvård och vi försökte finna en målmedveten strate- gi för att utveckla projektet.

Naturligtvis var vi nybörjare och kunde gjort saker bättre men de nya tankegångarna hade klara positiva följder. Alla i projektet kände sig delaktiga. Utåt kunde vi visa upp en tydlig, målmedveten och samfällig profil och vinna förtroende inom fackliga organisationer, högre instanser och hos våra finansierare samtidigt som vi inåt lättare kunde klara pressade tidplaner och flaskhalsar i processen.

Med dessa lärdomar i bagaget skapades i mars 1977 en styrgrupp på sju personer och fyra suppleanter för projektet som normalt sammanträdde varannan vecka. Denna aktiva planering med sin fasta organisation främjade projektet på ett väsentligt sätt. Ett av de första problemen var att finna lokalutrymmen för MAX-projektet på fysiska institutionen utan att riva ut LUSY, men plats kunde skapas i experimenthall A som låg intill acceleratorhallen för LUSY. Värre blev det snart.

Ny organisation av forskningsråden 1977

Redan i slutet på 60-talet hade naturvetare yrkat på att AFR och NFR skulle slås samman till ett nytt och starkare forskningsråd. Diskussionerna och beslutet i samband med Sveriges anslutning till CERN II aktualiserade frågan. Både forskare och departement förordade en ny forskningsorganisation. Den gamla, som hade sina rötter i tidigt 40-tal, var ett lappverk. Regeringen önskade att forskningsråden skulle ta ett större ansvar för prioriteringsfrågor och för hur medlen användes.

Detta krävde en mera övergripande organisation. Man ville undvika en ny debatt av typ CERN II-debatten. Det var därför inte någon tillfällighet att utbildningsdepartementet under våren 1972 tillsatte en utredning rörande forskningsråden inom departementets verksamhetsområde, där inte bara de organisatoriska frågorna skulle belysas utan även ställning tagas till centrala och värdeladdade frågor som forskningens frihet och styrning av forskning. Betänkandet *Forskningsråd* (FRU) lades fram i april 1975.⁷³ Utredningen föreslog viktiga organisatoriska förändringar. AFR och NFR borde bilda ett gemensamt forskningsråd. På liknande sätt borde Statens humanistiska forskningsråd (HFR) och Statens råd för samhällsforskning (SFR) sammanföras. Samtidigt borde en ny forskningsrådsnämnd (FRN) skapas som i samverkan med råden skulle stimulera och stödja den samhällsmotiverade forskningen.

I en intervju i *Rådslaget* 2/75 (informationsblad från AFR och NFR) med utredningens sekreterare Hans Landberg diskuteras det nya förslaget. Intervjun ges här i sammandrag:

⁷³ *Forskningsråd* (SOU 1975:26).

Den gamla rådsorganisationen gav inte så stora möjligheter till insyn. FRU föreslår ändringar som skall råda bot på detta. Det nya valförslaget gör att många fler, även yngre forskare, blir engagerade i valet av rådsledamöter och får möjlighet att påverka rådets sammansättning.

Fler forskare än tidigare blir inlemmade i det utbyggda systemet med gransknings- och prioriteringsgrupper.

Dessa prioriteringsgrupper skall vara knutna till de enskilda råden men kunna utnyttjas av hela organisationen. Ett sådant system garanterar att fler sakkunniga kan bedöma kvalitén hos ansökningarna och leder till större säkerhet mot ensidighet.

Den föreslagna forskningsrådsnämnden FRN, kommer att stimulera till ökat forskningssamarbete av tvärvetenskaplig karaktär på det lokala planet.

Samhällsinflytandet kommer in i den nya rådsorganisationen på olika sätt. I forskningsrådsnämnden har vi det tunga samhällsinflytandet, parlamentariker får majoritet i nämnden. Genom FRN kan råden påverkas. FRN skall fungera som katalysator, initiera och stödja forskning inom områden som är angelägna från samhällets synpunkt.

Spridning av forskningsresultat utanför forskarkretsar är en viktig fråga. Kunskapen om forskning behövs i allt större utsträckning i de forskningspolitiska bedömningarna. Även allmän information om forskning till grupper utanför forskarvärlden behövs.

Finansiering av dyrbar vetenskaplig utrustning

I ett särskilt kapitel i FRU diskuterades finansiering av tung vetenskaplig utrustning. I utredningen skiljde man på tung utrustning och på extra tung utrustning. Med tung utrustning menades här utrustning där investeringskostnaderna låg över 25–100 kkr beroende på till vilket forskningsråd utrustningen hörde. Med extra tung utrustning menades investeringskostnader i miljon- eller flermiljonklassen.

I båda fallen vållade ansökningar av denna art stora problem. Den största delen av forskningsrådets tillgängliga medel var bundna till löner och det fanns därför små möjligheter att hantera kostsamma ansökningar. Detta i sin tur innebar att kraven på förnyelse av vetenskaplig utrustning ökade och kunde tvinga fram personalinskränkningar om inte anslagssituationen förändrades.

När det gällde den extra tunga utrustningen tenderade anslagsfrågor av detta slag att föras upp över rådsnivå. Särskilda statliga medel krävdes vid sidan av rådets ordinarie anslag liksom även ofta insatser från privata fonder eller samverkan mellan flera råd. Därmed minskade forskningsrådets inflytande på

dessas mycket viktiga beslut. I utredningen behandlades två exempel på extra tung utrustning i flermiljonklassen.

GW-exemplet (Gustav Werner-institutet)

Det ena exemplet gällde renoveringen av GWI-anläggningen, som vi något diskuterat i samband med beslutet om Sveriges deltagande i CERN II-projektet. AFR tvingades efter detta beslut att ompröva sitt löfte att avsätta 3,4 Mkr till ombyggnad av acceleratoren. Efter många turer uttalade riksdagens utbildningsutskott under våren 1971 att ombyggnaden borde komma till stånd, men trots detta ville man inte tillstyrka särskilt anslag. Riksdagen följde med knapp majoritet utskottet. I statsverkspropositionen 1972 framhölls att det med hänsyn till inriktningen av verksamheten vid GWI vore rimligt att även andra forskningsråd än AFR bidrog till finansieringen av upprustningen.⁷⁴

En arbetsgrupp tillsattes med representanter för de berörda organen och en finansieringsplan utarbetades svarande mot ett belopp av 9,18 Mkr innefattande 6,2 Mkr för acceleratoren och 2,5 Mkr för lokaler. Det visade sig dock omöjligt att nå en överenskommelse mellan berörda organ trots att AFR var beredd att reservera medel motsvarande halva beloppet upp till 4 Mkr under förutsättning att Uppsala universitet före 1974 års utgång erhållit garantier för finansieringen av ombyggnaden samt att lokalfrågan lösts. Dessa förutsättningar gick ej att realisera, men ärendet tycktes dock få en lösning eftersom riksdagen för budgetåret 76/77 beviljade 4,3 Mkr för ombyggnad av GWI-institutet.⁷⁵ Nya svårigheter dök dock upp vilket skall beröras senare.

Ärendets gång och den gamla rådsorganisationens svårigheter att hantera ärendet är av stor vikt vid förståelsen av MAX-projektets väg till förverkligande.

OSO-exemplet (Onsala rymdobservatorium)

Det andra exemplet som redovisades i FRU är också av intresse för förståelsen av MAX-labs förverkligande. Vi har tidigare berört hur den mångsidiga Olof Rydbeck på CTH koncentrerade sitt forskningsintresse mot radioastronomi efter att först ha haft vissa planer på en elektronaccelerator för fysikforskning. Ett första observatorium byggdes upp i Askim strax utanför Göteborg, men storstaden växte och institutionen för teleteknik och elektronik behövde en större och mera störningsfri miljö. Efter ett föredrag som Olof Rydbeck höll för Kungliga Vetenskaps och Vitterhetssamhället sökte en av ledamöterna, major Herbert Jacobsson, upp honom. Herbert Jakobsson var huvudman för

⁷⁴ Tidigare har vi berört att GWI redan från start hade en mångvetenskaplig profil inom biologi, fysik, kemi och medicin, som följd av The Svedbergs breda intressesfär.

⁷⁵ Regeringens proposition 1975/76:117.

Broströmkoncernen och erbjöd sig att tillsammans med sin maka donera 27 hektar mark på Onsalahalvön. Detta nya område kom väl till pass år 1950 då CTH-institutionen erbjöds att övertaga fem 7,5-meters radarantennerna från norska staten. De hade byggts under kriget av den tyska ockupationsmakten för att spåra fientligt flyg.

Observatoriets första stora teleskop med en diameter på 25,6 m byggdes 1963–64. Trots sin måttliga storlek blev det, då det utrustades med ultrakänsliga maserförstärkare, som utvecklades på CTH, ett instrument som väl hävdade sig internationellt. Tidigt observerade man och studerade spektrallinjer från enkla molekyler i vår Vintergata och man var först i världen att registrera CH-molekylen. Teleskopet finansierades över dåvarande Malmfonden och i någon mån över Skandinaviska Satellitkommittén. Under detta första skede av Onsalaobservatoriet belastades därför ej NFR nämnvärt.

Under tioårsperioden 1965–75 växte kunskapen om molekyler i Vintergatan starkt. Flera av dessa strålade på så korta våglängder att de ej kunde mätas med den befintliga utrustningen. För att utveckla observatoriet arbetade man därför fram planer på ett nytt 100 m teleskop med möjlighet att mäta ned till 2,5 mm. En ansökan på 33 Mkr lämnades in 1969 till NFR, STU (Styrelsen för teknisk utveckling) och RJ, eftersom ickestatligt stöd ej längre var möjligt. NFR bordlade frågan och RJ avvisade den. I jan 1971 ingavs en ny ansökan till NFR och STU om ett 25 m teleskop till en kostnad av 9,3 Mkr. Av dessa beräknade man att 2,3 Mkr skulle kunna erhållas från utländsk forskningsstiftelse. Efter ytterligare bantning av teleskopet till 20 m till en kostnad av ca 5 Mkr föreslog NFR i skrivelse till Kungl. Maj:t att särskilda medel skulle anvisas för uppförande och drift av teleskopet. I petita för 1973/74 förordade rådet att tungutrustningsproblem av detta slag borde få sin lösning genom lånefinansiering.

NFRs förslag remitterades av utbildningsdepartementet till universitetskanslersämbetet, UKÄ, som konstaterade att ett nytt radioteleskop var en förutsättning för fortsatt kvalificerad experimentell radioastronomisk forskning på Råö. I sitt yttrande aktualiserade UKÄ möjligheten att genom lämpligt avskrivningsförfarande nedbringa de årliga kostnaderna för NFR. Detta förslag behandlades positivt i utbildningsdepartementet men avvisades av regeringen. I statsverkspropositionen till 1973 års riksdag framhölls att finansieringen av ett radioteleskop på Råö borde prövas inom ramen för NFRs resurser.

Under våren 1973 fördes förhandlingar mellan NFR, CTH och K&AW om bidrag från stiftelsen till kostnaderna för teleskopet. Dessa diskussioner blev framgångsrika och ledde till att K&AW bidrog med 2 Mkr och NFR med 3,4 Mkr till uppförandet av teleskopet under förutsättning att driften (ca 150 kkr/år) bestreds från CTHs driftanslag.

Det finns likheter mellan ärendet om det nya OSO-teleskopet och MAX-projektet. De båda projekten låg nära varandra i tid. I båda fallen hade man starkt stöd från RÅ vid CTH respektive LU. Kostnaderna var av ungefär samma storlek. Förhandlingarna skedde på olika sätt. I Onsalafallet förekom en direkt förhandling mellan NFR, CTH och K&AW, medan AFR i MAX-fallet var mindre aktivt och lät projektledningen i huvudsak själv sköta förhandling-
en med de olika organen. Resultatet blev det samma. I båda fallen kom projek-
ten till stånd.

Utgående från de två GWI- och OSO- exemplen diskuterade FRU hur man i framtiden borde lösa finansieringen av den dyrbara vetenskapliga utrust-
ningen.

Kostnaderna utgör den avgörande svårigheten. Anspråken kommer alltid att vara större än tillgängliga resurser. När det gäller den extratunga utrustningen av mycket speciell karaktär är det emellertid inte ens önskvärt att kostnadsfrå-
gorna skall övervinnas alltför lätt eftersom de utgör en stark drivkraft för ingå-
ende prövning ur både vetenskaplig som utrustningsteknisk synvinkel. Den
extratunga utrustningen vållar svårigheter också ur *prioriteringssynpunkt*. Pro-
jekten är ibland unika, vilket innebär att de inte kan ställas mot andra liknan-
de, kostnaderna för utrustningen utgör den tröskel som måste forceras för att
forskning inom området skall vara möjlig, samhällsrelevansen är ofta oklar.

Utredningen föreslog att till FRNs förfogande skulle ställas ett reservationsan-
slag avsett att användas för finansiering av dyrbar utrustning. Medel som dis-
ponerats från anslaget skulle jämte ränta återföras till statsverket. För den ex-
tratunga utrustningen borde det även finnas möjlighet för FRN att direkt till
det aktuella projektet tillskjuta belopp som omedelbart avskrevs.

Riksdagen följde i stort utredningens förslag och en reform av rådsorgani-
sationerna genomfördes från 770301. Vad beträffar dyrbar vetenskaplig ut-
rustning fick FRN i uppdrag att ytterligare utreda formerna för hur sådan
utrustning skulle finansieras.

Det nya NFR och dess internationella utvärderingar

Vid halvårsskiftet 1977 slogs det gamla NFR och AFR samman till ett nytt
NFR och nya arbetsformer måste utarbetas. Som huvudsekreterare för det nya
forskningsrådet utsågs Ingvar Lindqvist, professor vid Lantbrukshögskolan i
Uppsala. Under rådet bildades fyra programutskott i biologi, fysik-matematik,
geovetenskaper och kemi. Till ordförande i PUF utsågs Ingmar Bergström,

professor och efterträdare till Manne Siegbahn som föreståndare för AFI i Stockholm, och som sekreterare för utskottet John E Gustavsson och Lars Gidefeldt. I NFR ingick även Carl Nordling, UU, professor och nära samarbetare med Kai Siegbahn. Som ordförande för PUK utsågs Lennart Eberson, LU, professor i organisk kemi och dekanus för MNF vid LU och som sekreterare för utskottet Marianne von Glehn. Namnuppräknningen är av betydelse ty det var dessa personer inom forskningsrådet som drev och handlade MAX-projektet.

Ingmar Bergström har tecknat ett varmt och personligt porträtt av Ingvar Lindqvist i samband med hans bortgång i maj 1991.⁷⁶ I denna sin skildring tar han bl a upp följande:

I kölvattnet efter den uppsplitande debatten om Sveriges deltagande i CERN II projektet bland naturvetarna tillträdde Ingvar Lindqvist som huvudsekreterare för det nya NFR. Själva existensen av de två gamla forskningsråden AFR och NFR med väsentligen big science i det ena och small science i det andra var en stor otidsenlig olycka som i hög grad bidrog till en lindrigt talat olustig mediadebatt om naturvetenskapens framtid. Att dämpa dessa motsättningar krävde konstruktiva åtgärder och en vidsynt forskningspolitisk ledare. Landet hade helt enkelt inte tidigare ett gemensamt forum där forskarna själva under ledning av en klok kapten vid rodret kunde samordna och planera svensk naturvetenskap. Ingvars mest väsentliga insats var att han inte bara krävde att den långsiktiga forskningsplaneringen primärt skall göras av forskarsamhället och inte av handläggare i departementen. Han insåg också att för att denna ändring skulle vara möjlig så var det också nödvändigt att vinna respekt bland våra politiker och andra som har inflytande i vårt samhälle.

Flera åtgärder genomfördes för att stärka det nya NFR. En var att kartlägga de investeringsbehov forskarna hade, speciellt vad gällde dyrbar utrustning inom fysiken, en annan var att öka kontaktytan med de fackliga organisationerna, de politiska partierna, utbildningsdepartementet och regeringen. De flitiga kontakterna med facken var något nytt i forskarvärlden och ledde till en positiv vändpunkt i arbetarrörelsens inställning till NFR och NFRs budget. Rådets inflytande över svensk forskningspolitik ökade märkbart. De nedåtgående kurvorna som visade hur skilda naturvetenskaper temporärt fick betala CERN II (diagram 3, sid 71) vände åt andra hållet. Som vi ser fick Gösta Funke rätt

⁷⁶ I Bergström: "Med Ingvar Lindqvist i nya NFR", opublicerat, 1991, personlig kommunikation.

i stort men den kärnfysikaliska forskningen hämtade sig aldrig. NFR kanaliserade pengarna till nya områden.

En tredje åtgärd var att införa internationella utvärderingar. Med rätta har NFR fått respekt för denna åtgärd inte bara av svenska regeringar oberoende av politisk färg utan också av forskningsorgan utomlands. Ingmar Bergström och Ingvar Lindqvist organiserade dessa så att samtliga i utvärderingsgruppen utom ordföranden och sekreteraren var utländska forskare. Dessa utvärderingar föddes inom PUF men Ingvar förde tanken vidare i andra betydelsefulla sammanhang. Han såg också till att kunskapen om denna självkritiska verksamhet marknadsfördes till lätt förvånade och uppskattande politiker.

Ett av de första forskningsområden inom PUF som utvärderades var experimentell kärn- och elementarpartikelfysik.⁷⁷ Redan i december 1977 ombads forskargrupperna inom dessa områden att sända in ingående information om uppnådda vetenskapliga resultat under den senaste sexårsperioden och om den ekonomiska situationen.

Eftersom denna utvärdering som låg klar i september 1979 var en av de allra första som gjordes inom PUF skall man inte ur den dra allt för långt gående slutsatser. Tveklöst försökte utvärderarna bedriva forskningspolitik, vilket påverkade deras slutsatser. Vi har redan redovisat behovet av en upprustning av den svenska acceleratorkaparken och sett hur en serie förslag till acceleratorcentra lades fram under tidigt 70-tal. Utvärderarna tog begripligt nog fasta på dessa tankar och förordade en nationell samling av den kärnfysikaliska forskningen. Genom att smälta samman AFI, GWI och Tandemacceleratorlaboratoriet, TLU, till ett gemensamt acceleratorlaboratorium skulle det vara möjligt att undvika underfinansiering och underbemanning. Först då skulle en slagkraftig svensk kärnfysikforskning överleva.

Denna rekommendation innebar svåra påfrestningar för den befintliga kärnfysikforskningen. Värst drabbade blev nog forskarna vid GWI. Deras ombyggnadsplaner, som godkänts av riksdagen för budgetåret 76/77, lades nu på is. Man måste avvakta en utredning om det nya acceleratorcentret som fördes fram i NFRs petita 80/81. Nermonteringen av den stora cyklotronen påbörjades i jan 77, men först under 1981 uppdrog regeringen åt byggnadsstyrelsen, KBS, att projektera om- och tillbyggnad av lokaler. Då hade NFR/FRN förbundit sig att finansiera de medel som begärdes för ett minimiprogram för fysik vid laboratoriet. Detta innebar en väsentlig nedbantning av fysikprogrammet. I november 1981 kunde beslut fattas i ärendet. På liknande sätt stoppades AFLs upprustning.

⁷⁷ Utvärderingskommitté: U Amaldi, CERN, A Astbury, England, G Ewan, Kanada, O Nathan, Danmark; B Povh, Västtyskland, R H Siemssen, Nederländerna, T Ericson, CERN, (ordf).

Nu i efterhand kan man säga att tanken att koncentrera kärnfysikforskningen till ett nationellt centrum var god, men förhoppningarna att det skulle gå smärtfritt och snabbt att realisera planerna var överdrivna. Man bör betänka att två universitet skulle samarbeta för att nå en gemensam lösning. Samtidigt skulle lämplig tomtmark sökas upp och byggnader jämte accelerator projekteras. Hur det gick för AFI och GWI skall vi senare beröra.

MAX-projektet och den internationella utvärderingen av experimentell kärnfysik 1979

För MAX-projektet blev den internationella kärnfysikutvärderingens rekommendation bekymmersam. Kärnfotogruppen hade ju 1972 fråntagits sina forskningsmöjligheter vid LUSY och därefter under sju år helhjärtat engagerat sig i ett nytt forskningsprogram i kärnfysik kring MAX och till slut fått gehör för sitt förslag.

Året före det att den internationella utvärderingen pågick, fördes det fram, som vi snart skall redovisa, ett förslag till modifiering av MAX-projektet att även innefatta synkrotronljusforskning. Efter utvärderingen beslöt NFR att prioritera MAX som synkrotronljusanläggning.⁷⁸ Detta och rekommendationen att koncentrera kärnfysikforskningen till Stockholm-Uppsalaområdet blev självklart en jobbspö för kärnfotogruppen. Hittills var enbart den nakna MAX finansierad, dvs MAX-acceleratorn jämte pulssträckare men ej nödvändig tung forskningsutrustning för kärnfysik. Elektronspridningsmagneten hade prutats bort och ett nödvändigt taggningssystem för fotoner var under prospektering.

Men det var inte bara kärnfotoprogrammet som drabbades. Hela nätet av förhandlingarna mellan MAXs ledningsgrupp och projektets finansärer påverkades negativt. Detta gällde speciellt diskussionerna inom LU. Vi skall snart se hur diskussionerna inom LU polariserades i en ja- och en nejsida. Man kan fråga sig hur NFR kunde vara så insiktslöst, att det ej förstod hur saker påverkar varandra. Hela kärnfotogruppen var nära att lämna projektet, några av de tyngsta namnen gjorde det, och därmed skulle med största sannolikhet hela MAX-projektet ha rasat.⁷⁹

Kanske var det så att NFR och PUF förstod att detta skulle kunna ske och diskuterade problemet med K&AW. Ett snabbt ingripande från K&AW i december 1980 med ett stöd till kärnfysik vid MAX på 700 kkr räddade nämligen situationen. Jag vet ej hur diskussionerna i detta ärende löpte även om det i beslutsbrevet från K&AW framgår att samråd skett med NFR.

⁷⁸ NFRs anslagsframställning 1981/82 (daterad 800831).

⁷⁹ Jag tänker här på docenterna Göran Jonsson och Kurt Lindgren, som efter intensivt arbete med MAX-projektet lämnade projektet och påbörjade ny framgångsrik utbildning till läkare.

Orsaken till min tvekan beror på att under våren 1980 garanterade NFR 300 kkr för synkrotronljus vid MAX. Tidigare i januari 1979 hade kärnfotogruppen lagt in en gemensam ansökan till NFR och K&AW om 1 Mkr för kärnfysikutrustning vid MAX. Eventuellt kan K&AW ha trott att NFRs garanti gällde denna ansökan.

Synkrotronljus – alla tiders ljus

Experimentella möjligheter med synkrotronljus

Synkrotronljuskällan är en mycket speciell ljuskälla. Den sänder vågor i radiofrekvensområdet och i det infraröda området, verkar som glödlampa för synligt ljus, som ultraviolettampa och som röntgen- och γ -strålekälla allt i ett. Dessutom överträffar dess briljans standardkällorna i alla dessa områden av det elektromagnetiska spektret undantagandes radiofrekvensområdet.

1:a, 2:a och 3:e generationens synkrotronljuskälla

I den 1:a generationens ljuskälla utnyttjade synkrotronljusanvändarna de elektronsynkrotroner som byggts för elementarpartikelfysik. Forskarna fick oftast på nåder använda acceleratoren för sina experiment. Synkrotronerna var heller inte byggda så att de cirkulerande elektronerna hade maximalt goda egenskaper när de passerade genom böjmagneterna.

Det fanns därför skäl för synkrotronljusfolket att bygga egna källor. I den 2:a generationens ljuskällor skedde flera förbättringar. Strålningsintensiteten från böjmagneterna kunde avsevärt förbättras. Långa lagringstider uppnåddes och den experimentella utrustningen blev en integrerad del av anläggningen. MAX I är en typisk 2:a generationens ljuskälla.

Utvecklingen gick fort, och snart insåg man den stora möjligheten att utnyttja magnetiska insättningslement i raksträckorna på lagringsringen. Dessa är av två slag: Wiggler och undulatorer. Båda består av magneter med växlande polaritet. Detta medför att elektronerna sicksackar eller wigglar sig igenom dem och därmed ger upphov till en serie lokala strålningskällor. Wiggler består av ett fåtal magneter. Här samverkar inte ljuset från de olika bankrökarna och vi får en ganska bred ljusstråle med god intensitet proportionell mot antalet magneter. I undulatorn finns en mångfald magneter med växlande polaritet. Här samverkar ljuset från de olika bankrökarna och vi får en synnerligen smal ljusstråle med mycket god intensitet proportionell mot antalet magneter

i kvadrat. Nu måste lagringsringen ha långa raksträckor för att ge plats åt in-sättningselementen och vi får den 3:e generationens synkrotronljustkälla.

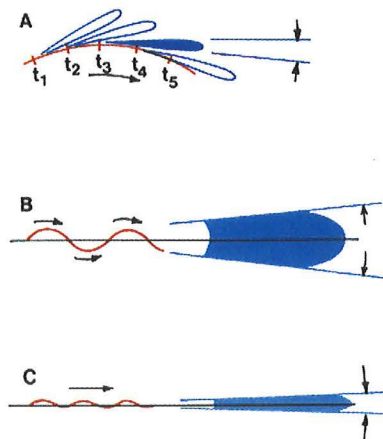


Fig 22 Principbild av olika typer av synkrotronljustkällor.

A Synkrotronljus från en dipol böjmagnet – en svepande sökarlykta.

B Wiggler – ett fåtal magneter med växlande polaritet placerad i en raksträcka på ringen. Här samverkar ej ljuset från de olika bankrökarna och vi får en ganska bred ljusstråle med god intensitet proportionell mot antalet magneter.

C Undulator – en mångfald av magneter med växlande polaritet placerad i en raksträcka på ringen. Här samverkar ljuset från de olika bankrökarnas och vi får en mycket smal ljusstråle med mycket god intensitet proportionell mot antalet magneter i kvadrat.

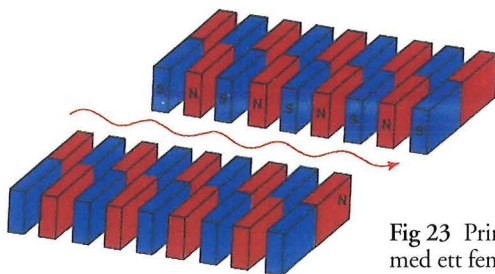


Fig 23 Principbild över hur en undulator med ett femtiotal magneter är konstruerad och hur elektronerna rör sig i en sick-sack bana då de passerar undulatorn.

Såväl den 2:a och 3:e generationens ljuskälla har mycket goda egenskaper. De viktigaste är följande:

Spektrum: Den största fördelen med synkrotronljus är att strålningen innehåller alla våglängder ner till röntgenområdet. Detta utnyttjar man genom att placera en monokromator (våglängdsutväljare) i strålens väg. Denna plockar ut strålning med bestämd våglängd som sedan utnyttjas för experiment. Därefter ändras våglängdsutväljarens inställning och man får ut en annan

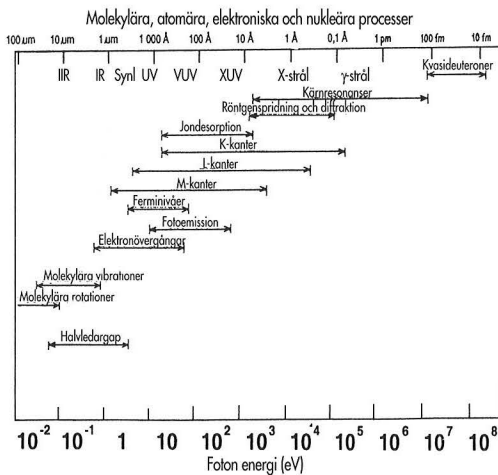
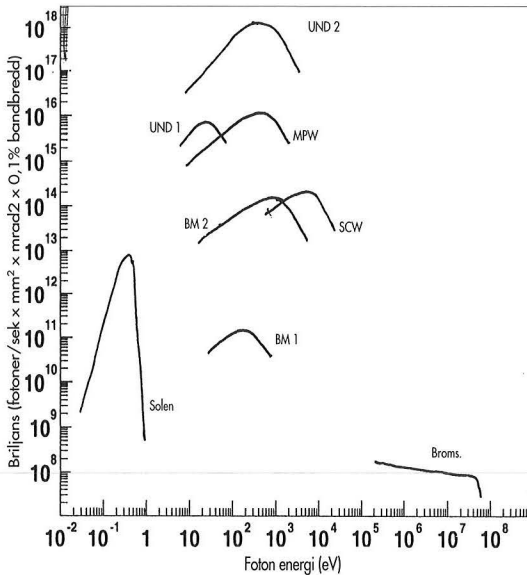


Fig 24 Den övre delen av figuren visar briljansen för ljuskällorna MAX I och MAX II i jämförelse med solens briljans. Briljansen är ett mått på en ljuskällas intensitet dividerat med dess ytutbredning men också ett mått på hur starkt det utsända ljuset är riktat. (BM 1 = böjmagnet MAX I, BM 2 = böjmagnet MAX II, UND I = undulator MAX I, UND 2 = undulator MAX II, MPW = multipolwiggler MAX II, SCW = supraledande wiggler MAX II, Broms. = bromsstrålning). Den undre delen av figuren visar molekylära, atomära, elektroniska och nukleära processer som uppkommer med ljus av olika energi.

våglängd. På detta sätt går det att studera en process inom fysik, kemi eller medicin våglängd för våglängd och kartlägga hur den påverkas när våglängden förändras.

Intensitet: Den höga briljansen, dvs den höga intensiteten per strålande ytenhet, i synkrotronljuset är anmärkningsvärd. I röntgenområdet är exempelvis briljansen för den ”vita” strålningen från synkrotronljuskällan en faktor 10^4 – 10^5 gånger den som produceras från den mest kraftfulla laboriekällan i röntgenområdet. Detta innebär att diffraktionsmönstret för en proteinkristall (ex 50 000 reflexioner), som tar approximativt tre veckors körtid att samla ihop i ett röntgenlaboratorium, endast tar ungefär en sekund vid synkrotronljuskällan.

Geometri och tidstruktur: Elektronstrålen som är källan för den elektromagnetiska strålningen har liten utsträckning. Den utgående ljusstrålen går ut i en mycket snäv kon vilket gör den mångsidig. Den har också oöverträffbar ljus-täthet. I synkrotronringsplanet är ljuset lineärpolariserat i den vertikala riktningen. Utanför banplanet innehåller strålen komponenter av cirkulärpolariserat ljus. Dessutom blixtrar strålen några gånger per nanosekund ($1 \text{ ns} = 10^{-9} \text{ s}$), eftersom elektronerna cirkulerar i acceleratorringen med ljusets hastighet i klungor. Blixten är tio till hundra pikosekunder ($1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ s}$) lång beroende på klungornas utsträckning. Alla dessa egenskaper kan utnyttjas i experiment. Den höga intensiteten möjliggör experiment som kan utföras otroligt snabbt och den smala strålkonen medför att en synnerligen god geometrisk upplösning kan uppnås. Det stora spektrala området kan också utnyttjas i många experiment.

Renhet: Eftersom ljuset produceras av fria elektroner som rör sig i ultragott vakuum finns det inga främmande ämnen som stör produktionen. Det producerade spektret är därför extremt rent och även teoretiskt väl definierat.

Forskningsområden

Litografi, mikroskopi och selektiv fotografering

Tack vare den mycket smala synkrotronstrålekonen är den närmast perfekt för att producera mikroelektronik och mikromekanisk utrustning. Detta sker genom att belysa mönster lagda ovanpå fotoresistorer som sedan kemiskt etsas. Valet av våglängd beror på användningsområdet. Ju energirikare ljus desto skarpare struktur. Vid produktion av mikroelektronik utnyttjas ofta fotore-

sistorer av tjockleken $1\text{ }\mu\text{m}$ ($1\text{ }\mu\text{m} = 10^{-6}\text{ m}$) vilket innebär att strålningen normalt har våglängden $10\text{ }\text{\AA}$ ($1\text{ }\text{\AA} = 10^{-10}\text{ m}$). Vid produktion av mikromekaniska element krävs djupare penetrering upp mot $300\text{ }\mu\text{m}$, vilket innebär att strålningen måste vara energirikare med våglängder ner mot $1\text{ }\text{\AA}$.

Med samma teknik kan man få en viss typ av mikroskopbilder. Man lägger då det material man vill studera, exempelvis en levande cellvävnad, på en kiselskiva och bestrålar den. Efter framkallning får vi en bild av provet. För att få en bild med sedvanligt elektronmikroskop med ungefär samma detaljrikedom måste provet placeras i vakuum. Då kan provet ej vara levande, vilket är en stark begränsning i biologisk och medicinsk forskning.

Ytterligare en metod som utnyttjar liknande teknik är selektiv fotografering. Genom att välja en passande våglängd i synkrotronstrålningens röntgenområde är det möjligt att i ett prov som innehåller olika ämnen enbart studera mönstret av ett eller flera av dem. Materialet placeras på en kiselskiva som belagts med ett ljuskänsligt skikt. Därefter bestrålar man materialet med en våglängd som slukas av järnatomerna. Där de finns kan inte strålningen tränga ner till underlaget. Därefter bestrålas ämnet med en våglängd som absorberas av kol. När kiselskivan "framkallas" visar mönstret hur de två ämnena fördelar sig.



Fig 25 Selektiv fotografering. Med hjälp av synkrotronstrålning kan man ta reda på hur två ämnen, ex järn och kol, fördelar sig i ett material som består av olika ämnen.

EXAFS

Studier av EXAFS (Extended X-ray Absorption Fine Structure) är sannolikt den äldsta och mest populära användningen av synkrotronljus. EXAFS utnyttjar det kontinuerliga spektret av röntgenstrålning för att mäta finstruktur som uppträder i K-kanten i den fotoelektriska absorptionen. Denna teknik

har utvecklats, och idag går det att ur finstrukturen utläsa mängden av andra atomer och typen på dessa i närheten av den exciterade atomen.

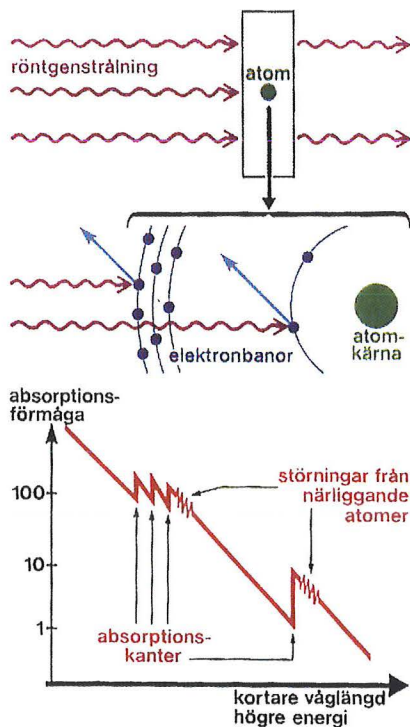


Fig 26 En atoms egenskaper beror i hög grad på de elektroner som finns i banor runt atomkärnan. För att studera hur en atom uppför sig slår man därför loss elektroner från banorna. Bildens atom utsätts för röntgenstrålning av allt kortare våglängd (ökad strålningsenergi). Plötsligt ökas atomens förmåga att absorbera strålningen (det kallas för absorptionskant). Då svarar röntgenstrålningens våglängd mot bindningsenergin för elektroner i en viss bana runt atomkärnan. Ju kortare våglängd ju starkare bundna elektroner kan slungas ut. Absorptionsförmågan registreras och överförs till en kurva. Ur kurvan får man veta dels var elektronbanorna finns, dels om det finns störande atomer i den närmaste omgivningen och i så fall vilka och hur många.

Ett EXAFS-spektrum är specifikt för en given substans och det krävs inte att materialet är kristalliniskt eller ens i fast form. I natriumkalkglas exempelvis, är det möjligt att lätt få information om de närmaste grannarna till var för sig Na, Ca och Si atomerna. Därefter går det att bygga upp en bild av glasstrukturen på atomär nivå. Bilden är en medelvärdesbild eftersom glas saknar långgräcksordning. EXAFS kan också kombineras med kristallografiska studier. Om diffraktionsstudier har utnyttjats för att få en övergripande bild av den återkommande atomära strukturen är det möjligt att med EXAFS inrikta sig på ett enstaka atomslag inom denna struktur. Denna kombination kan få tillämpningar inom materialvetenskap och molekylär biologi.

Ytstudier

Grundprincipen vid studium av ytor med synkrotronljus är i första hand att excitera ytans atomära lager så att skillnaden mellan ytans struktur och sammansättning kan jämföras med materialets egenskaper i helhet. En sådan excitation kan åstadkommas genom att bestråla ytan i strykande infallsvinkel som är lika med eller mindre än den kritiska vinkel då röntgenljuset totalreflekteras. Alternativt kan UV-ljus eller mjuk röntgenstrålning användas för att excitera elektroner i ytomerna. Mätning utförs på de emitterade elektronerna. Man mäter samtidigt elektronernas rörelseriktning och rörelseenergi. Dessa mätningar ger detaljerad information om kemiska bindningar, valenstillstånd och bandstruktur i ytlagret. Metoden är ytkänslig eftersom de emitterade fotoelektronerna har ett mycket begränsat flykt djup (3–3000 Å). I många fall går det att få information om ett enatomärt lager på ytan.

Genom att studera hur ytans elektronstruktur förändras vid exempelvis värmebehandling, oxidation och metallbeläggning får man kunskap om hur ytornas bindningar förändras. Det viktigaste och kanske också det äldsta problemet inom ytforskningen är att få kunskap om hur oxidation och korrosion uppkommer.

Kinematik

Eftersom synkrotronstrålningen sänds ut i pulser kan man starta en fysikalisk eller kemisk reaktion med dess hjälp. De nya tillstånd som då uppkommer utsänder ofta i sin tur strålning. Med användande av snabb elektronik och datorbehandling av resultaten kan man få reda på vad som händer med ett belyst prov picosekund för picosekund efter varje ljuspuls. Själva ljuspulsen är kortare än 100 ps.

Då provet, som ofta består av enkla biologiska molekylstrukturer (exempelvis enzymer), belyses med ljus med utvald våglängd, kommer de ingående delarna att ändra sin rörelse. En tid senare kommer dock den ursprungliga rörelsen att återtas, och då sänder molekylerna normalt ut ljus av längre våglängd än vad den tog emot. Tiden mellan dessa två ljuspulser registreras vid experimentet, och storleken av denna fördröjning ger ett mått på trögheten (alternativt rörligheten) hos de olika delarna. För att ytterligare öka informationen i experimentet mäter man också det återsända ljusets polarisation.

Röntgendiffraktion av proteiner

Röntgendiffraktionstekniken har redan med konventionell teknik drivits långt mot sin fulländning. Men även inom detta område öppnar synkrotronstrålningen nya möjligheter. Det är nu möjligt att arbeta med mycket mindre kristaller, bara några hundra millimeter stora. Det finns en hel del organiska

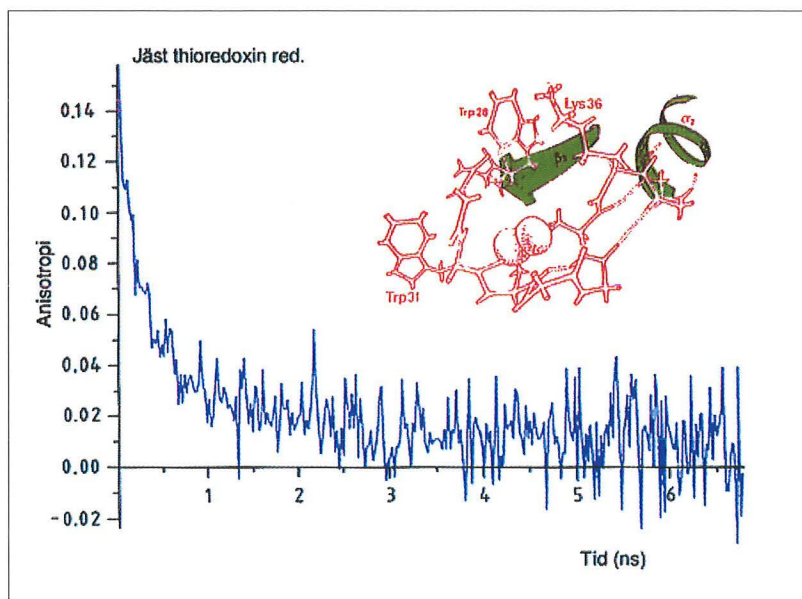


Fig 27 Fluorescensljuset från den exciterade makromolekylen tryptophon är polariserat, men polarisationsgraden klingar av med tiden efter excitation från det pulsade synkrotronljuset. Ur mätning kan molekylens rörelsetillstånd bestämmas.

ämnen, bl a proteiner, som man inte kan framställa större kristaller av. Det är också möjligt att analysera prover med stora enhetsceller, upp till $0,1 \mu\text{m}$ i sida. Ytterligare kunskap erhålls om man mäter diffraktionsmönstret vid två olika våglängder på var sin sida om en absorptionskant i den spridande atomen. Spridningsförmågan är nämligen olika i de två fallen och man måste känna till den anomala spridningen om man vill bestämma komplicerade atomstrukturer.

Atomfysik

Med hjälp av synkrotronljuset är det möjligt att simulera astrofysikaliska processer eftersom synkrotronljusets spektrum i hög grad liknar planckstrålningen från en centralstjärna. I laboratoriet riktar man synkrotronljuset mot ett plasma i en hålkatodlampa. Plasmats spelar rollen av en trolig ingrediens i den gas som omger en stjärna eller nebulosa. I första hand studeras fria atomer. Det är också möjligt att på liknande sätt studera aeronomiska processer, där molekyler i höga luftlager förstörs eller byggs upp av den kosmiska strålningen.

Det som här beskrivits är bara ett axplock av de möjligheter som öppnar

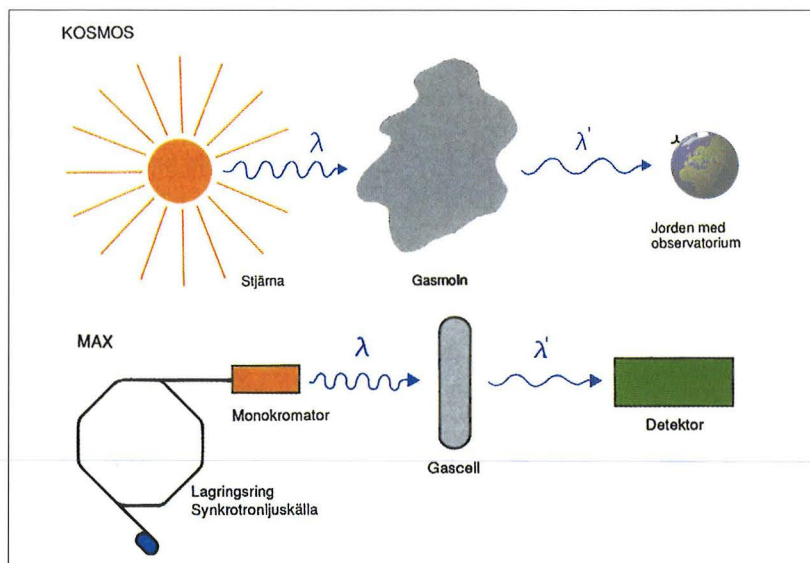


Fig 28 En schematisk bild över hur man kan simulera astrofysikaliska processer i laboratoriet och utnyttja synkrotronljus.

sig för breda områden av forskning inom biologi, farmakologi, fysik, geologi, kemi, medicin, teknik och andra områden.

MAX – en synkrotronljuskälla?

Som beskrivits redan i inledningen påbörjade Per-Olof Nilsson tillsammans med Werner Stiefler under tidigt 70-tal experiment med synkrotronljus från LUSY. Efter den nordiska synkrotronljuskonferensen 1975 i Göteborg hade P-O Nilsson som uppdrag att utreda möjligheterna att bli utnyttja MAX-acceleratorn som en synkrotronljuskälla.

De första tankarna på detta berörs vid MAX-styrgruppens sammanträde i augusti 1977 och i slutet på september 1977 låg på styrgruppens bord en skrivelse "Synkrotronljuset i Lund", där Werner Stiefler redogjorde för två alternativ att åstadkomma synkrotronljus vid MAX. Antingen kunde det ske med en wiggler i en av raksträckorna hos pulssträckaren eller också genom en höjning av elektronenergin i ringen från 100 till 200 MeV och sedan lagring av elektronerna. Det spektrum som i så fall producerades skulle sträcka sig ner till 100 Å och väl täcka det spektrala området som kunde utnyttjas av den vid LUSY redan befintliga utrustningen. Detta alternativ var att föredraga eftersom wiggleralternativet var på gränsen till det tekniskt möjliga om

man inte byggde en supraledande wiggler, vilket i sin tur var för dyrt. Det gick med nöd och näppe att pressa in lagringsringförslaget i befintliga utrymmen om kryostatutrymmena intill hall A kunde disponeras.

Nu var snöbollen i rullning. I januari 1978 inlämnade P-O Nilsson och Anders Flodström en ansökan till NFR lydande på 444 kkr, om uppbyggnad av en nationell synkrotronstrålningskälla.⁸⁰ Ur ansökan går det att läsa:

Synkrotroner och lagringsringar för elektroner används nu som el. magn. strålningskällor i mer än 20 laboratorier världen över. För att exemplifiera några nuvarande forskningsområden där strålningen utnyttjas kan nämnas fasta tillståndets fysik och ytfysik (spektroskopi, såsom optisk absorption och fotoemission), atom- och molekylfysik, kemi (t ex analytisk kemi och fotokemi), molekylbiologi, metallurgi, geologi och medicin.

Uppbyggnad av en ny källa är motiverad ur flera synpunkter. Ett huvudargument är givetvis att vi önskar uppehålla en hög nivå på den berörda forskningen i Sverige. Många forskningsgrupper upplever nu en allt hårdare konkurrens från synkrotronstrålningslaboratorier. Alla dessa forskare kan givetvis inte resa utomlands. Att fortsätta forskningen med konventionella metoder, skulle leda till att Sverige skulle komma att sakna kunskap inom områden, vilka är mycket centrala och grundläggande. Detta skulle leda till en betydande eftersläpning inom forskning och teknik.

Miljön vid ett synkrotronljuslaboratorium är vidare mycket gynnsam för interdisciplinära projekt eftersom här forskare från olika fält möts. Samarbetet mellan olika universitet inom Sverige skulle också kunna öka. Synkrotronljus utnyttjas i utlandet av forskare från Göteborg, Linköping, Stockholm och Uppsala. Det är dock inte realistiskt att behovet i längden skall täckas genom gästforskning utomlands.

I ansökan hänvisade de till skrivningen i NFRs *Program för naturvetenskaplig forskning 1976–1981*, där det framhölls att man under den närmaste femårsperioden måste räkna med avsevärt ökade krav från materialfysiker om investeringar i dyrbara synkrotronstrålningskällor.

Ansökan tillstyrktes av styrgruppen för MAX-projektet under förutsättning att tillräckliga medel ställdes till förfogande och att inga större förändringar skedde i tidplaneringen för projektet.

Frågan om att utvidga MAX-projektet till att även innefatta en källa för

⁸⁰ se fotnot 2.

synkrotronljus var för NFR av den omfattning att den krävde en särskild utredning.⁸¹ Karl-Fredrik Berggren (LiTH och ledamot i PUF) blev ordförande i denna arbetsgrupp. Han var just hemkommen efter drygt ett års vistelse i USA bl a i Stanford, där han träffade Leif Johansson (LiTH), Stig Hagström (LiTH och Xerox) och Ingolf Lindau (GU och Xerox), som alla arbetade med synkrotronljus. Karl-Fredrik Berggren var således väl införstådd med synkrotronljusets fördelar. Tillsammans med Carl Nordling (medlem i ESCA-gruppen, UU, som utnyttjade synkrotronljus från elektronacceleratorn i Bonn, och vice ordförande i PUF) fångade han upp P-O Nilssons och A Flodströms ansökan och drev den vidare i ett ganska oengagerat PUF.⁸²

Både Berggren och Nordling betraktade synkrotronljus vid MAX som ett högriskprojekt, speciellt på grund av den hyperkänsliga konstruktionen men även på grund av det diffusa stödet inom landet. I första hand var det grupper från CTH och LiTH som gav projektet stadga. Oroande var att stödet från forskargrupperna vid LU var minimala. En viktig positiv faktor var att Mikael Eriksson fick mycket stark rekommendation från D Husmann, Bonn. En annan var det variationsrika forskningsprogrammet där kärnfysik och materialfysik kompletterade varandra.

Arbetsgruppens rapport låg klar i september 1978 och gav en god bild av behovet av synkrotronljus för svensk forskning. Kort sammanfattat kom arbetsgruppen fram till:

att en kraftig expansion av synkrotronstrålningsanläggningar pågår utomlands. Utvecklingen går dels mot större anläggningar för röntgenstrålning vid vilka biologisk-biofysisk forskning i första hand bedrivs, och dels mot mindre lagringsringar för energier ≤ 1 keV intressanta för företrädare för fotoemission och ytfysikmaterialforskningen och väl lämpade som nationella projekt. ESFs förslag avser en gemensam europeisk anläggning för hårdröntgen medan MAX-förslaget berör det lägre energiområdet,

att tekniskt är det möjligt att utnyttja MAX som en kombinerad pulsträckare/lagringsring. Men systemet bör kompletteras med 'distributed pumps',

att den del av kostnaderna för en naken synkrotronstrålning som berör

⁸¹ PUF inom NFR tillsatte vid sitt aprilsammanträde 1978 en arbetsgrupp ”med uppgift att närmre belysa möjligheterna att utnyttja MAX som en synkrotronljuskälla och därvid även jämföra med alternativa möjligheter för svenska forskare att få tillgång till synkrotronljus. Arbetsgruppens svenska medlemmar skall också lämna förslag till rådets ställningstagande beträffande ESF-rapporten om en europeisk synkrotronstrålningskälla”. Arbetsgruppen fick efter några justeringar följande sammansättning: K-F Berggren, ordf. (LiU), U Gelius (UU), D Husmann, (Bonn), R Rigler (KI) och A Rosén (GU).

⁸² Följande stycke är en sammanfattning av en intervju med K-F Berggren.

NFR kan uppskattas till 600 kkr. Den totala projektkostnaden exklusive driftkostnader (lagringsring, experimenthall, kringutrustning etc) torde hamna på minst det dubbla beloppet,
att en rådgivande grupp bör bildas i anslutning till projektet,
och att anläggningen bör vara tillgänglig för samtliga svenska forskargrupper.

Arbetsgruppen rekommenderade att MAX-projektet utvidgades mot synkrotronljusforskning och att Sverige bör delta i förberedelsearbetet till ESFs planerade anläggning för röntgenområdet.

Arbetsgruppens positiva ställningstagande påverkade PUF och gav hopp hos de anslagssökande och inom MAX-gruppen. NFR beslutade att stödja modifieringen av projektet med 90 kkr för fortsatt projektering av en lagringsring, och därutöver att binda ett belopp på 300 kkr motsvarande hälften av den uppskattade kostnaden för den nakna synkrotronljuskällan under förutsättning att återstående kostnader kunde erhållas från annat håll.

Än en gång måste MAX-ledning finna andra tänkbara finansiärer och samtidigt kämpa med kostnadsökningar och trygghetsfrågor för personal på tidbegränsade anslag. Som alltid var det svårt att få full kompensation för inflationen som under dessa år löpte på 10–15% per år, vilket även ledde till kraftiga lönehöjningar. Till detta kom en serie devalveringar av den svenska kronan under slutet på 70-talet och början på 80-talet samt momshöjning.

Som en följd av det positiva mottagandet av arbetsgruppens rapport i PUF, skapade P-O Nilsson i december 1978 en användarkommitté för synkrotronljus vid MAX. Kommitténs arbetsuppgifter skulle vara att delta i disponering av lokaler, inventera lämpliga startexperiment och beskriva den nödvändiga basutrustningen för dessa experiment samt utarbeta anslagsansökningar om kringutrustning m.m. Vi skall snart se hur finansiering och planering löpte.

Lucy död, Leve Max

Men det var inte bara slit, bekymmer och krav. Det fanns också tillfällen till glädje. Nästan i smyg, oberoende av alla utvärderingar och förhandlingar, hade MAX-gruppen byggt 100 MeV race-track mikrotronen och fått den att fungera. Samtidigt insåg alla att det var dags att stänga ner LUSY. Acceleratorhallen behövdes om synkrotronljuskällan skulle bli verklighet. Den 1 oktober 1979 var det både dop och begravning på Fysikum.

I LUs tidning LUM skildrades det på följande vis (text Björn Ljunggren):⁸³

⁸³ LUM 791018.

Lucy död ! Leve Max !

Lund och universitetet där har begåvats med en riktig kändis. En superkändis, om man så får säga. Han går under namnet Max. Och det finns kanske bara två till som han i världen! Max har kostat runt fem miljoner. Men är värd minst det fyrdubbla. När Max gick igång på Fysikum i Lund häromdagen så röntede det också som sig bör ordentlig uppmärksamhet. Se rubrikerna:

Lucy tackar för sig. Lundafysikerna inledde ny epok (Sydsvenskan).

"MAX" startar ny epok på fysiska institutionen. Värd vartenda öre. (Arbetet).

Dags för MAX. Sinnrike MAX och elektronerna. Atomens "liv" studeras i Lund. (Skånska Dagbladet).

LUM var också där. Mikael Eriksson, den sinnrike Max-byggaren, bjöd på specialintroduktion. Han avslöjade då att Max är en riktig slösare. Med tid (som ju är pengar). (Här syftade Mikael på att mikrotronen levererar pulsade elektroner och inte en jämn ström). Uppriktigt sagt kära läsarinor och ni andra förstod vi inte alls. (...) När vi nu erkänt vår begränsning när det gäller miljontedelar av sekunder så vill vi däremot framhålla vår styrka när det gäller nostalgi och gravöl. För det handlade det också om, dagen då man släppte Max loss. Lucy, också hon av det rara accelerator-släktet, gjorde nämligen samma dag sin sista insats på Fysikum, avtackad och avstängd av Sten von Friesen

Rivalerna slogs ut

I gammal från TV känd Fråga Lund-form förtjuste professor emeritus von Friesen ett fullsatt auditorium med hur-det-var-en-gång. Och gör klart för er utan Lucy ingen Max! Och gör också klart för er, utan Olle Wernholm vid KTH och Lars Hansson, forskningsingenjör vid fysiska institutionen i Lund, ingen Max! Sa Sten von Friesen. Men då "glömde" han den viktiga roll han själv en gång spelade för tillkomsten av Lucy. Och därmed indirekt för Max. För den långt in i själen sanne lundensaren Sten von Friesen fanns det inget som fick hindra honom från att föra hem Lucy till Lund när de uppvaktande rivalerna var från Uppsala. Av all ställen.

Jakt på aktie-vinnare

Så kom det sig att han en dag när 50-talet fortfarande var ungt satt tillsammans med Ruben Rausing och dennes närmaste man Holger Crafoord och bläddrade i en förteckning över aktieinnehavare.⁸⁴ Det gällde att i görligaste mån försöka räkna ut vilka som den närmaste tiden kunde räkna med utdelningar och därför skulle tänkas vilja ställa upp som donatorer. Man fann och

⁸⁴ Se fotnot 27.

vann. 200 000 kronor var det minsta Sten von Friesen måste kunna visa upp i ”hemgift” för att få föra hem Lucy till Lund. – Men Åkerlund och Rausing själv då, såg inte deras egen närmaste framtid så ljus ut att de kunde tänkas ställa upp, hade den med hoven från universitetet utsände fysikprofessorn försynt undrat innan Lucy så att säga riktigt var i hamn i Lund. – Men vi... Vi ställer ju upp som garant *om* det skulle gå snett med utdelningen för någon av de andra, hade Ruben Rausing svarat. Man kan väl misstänka att Sten von Friesen i det ögonblicket såg lika förundrad ut som han brukade göra i TV när han fick någon av sina berömda teckningar på svarta tavlan att stämma med vilket-skulle-bevisas...

Eftemiddagstaffeln bröts. Med Sten von Friesen i spetsen tågade vi alla till de nedre regionerna på Fysikum, där både Lucy och Max nu för några korta timmar ”regerade”. Man kände nästan historiens vingslag när Sten von Friesen majestätiskt skred fram och SLOG AV. Lucy är död! Leve Max!

De tog hem potten – mot oddsen

Professor Bengt Forkman och 1:e forskningsingenjör Mikael Eriksson är de som lett Max-bygget på Fysikum. Utan överdrift kan det sägas att de hade oddsen mot sig när de började arbetet: Max skulle prestera samma resultat som en accelerator i 20-miljonersklassen – men Eriksson/Forkman kunde inte räkna med att få mer än en fjärdedel. Ändå var de beredda att ta upp kampen, fulla av tillförlit för det kunnande de visste fanns bland medarbetarna just på Fysikum i Lund. Säkert räknade de också med att många helhjärtat skulle ställa upp för att



Fig 29 Sten von Friesen hjälper till att stänga av LUSY och starta upp MAX-injektorn 791001. Foto: Peter Voitkans.

Fysikum i Lund inte skulle mista sin ställning som en av de ledande i världen inom detta forskningsområde. Tillsammans tog de också hem potten till slut.

Regn av utmärkelser

På kvällen träffades man igen. På Fysikum hade det under tiden dukats om: eftermiddagens så kallade gravöl skulle nu sköljas ned med så kallat dopvatten. Gott dricka. Och gott att äta. Men kvällens clou var när Bengt Forkman stegade fram inför de församlade med en massa spännande påsar och äskade tystnad. Nu skulle här bli prisa av både i form av ord och utmärkelser till alla som sett att Max verkligen blivit en verklighet. *Hedersknyfflar och medaljbehängda* blev Mikael Eriksson, Rune Alvinsson, Kurt Lidén, Sten von Friesen och Olle Wernholm, som dessutom förärades *startknappen* till Max. Medaljerade blev vidare Lars Hansson, Leif Thånell, Bent Schröder och Göran Jarlskog samt Staffan Rosander och Miro Sedlacek från Stockholm. Dessutom fick dessa Max-byggare första tjing på att gå ner och plundra Lucy på någon del som de ville ha som speciellt minne. Nej, vad vi kunde se bar inte Lars Hansson generatormed sig hem. (...) *Glastaxen* Max fick Preben Jensen, Nils-Erik Persson, Gustav Ekberg, Sven Lundborg och Elna-Greta Broomé. Ytterligare en glastax delades ut. Och det är IUM extra kärt att få rapportera att mottagaren var BB-byråns chef Pia Sellers. I LUMs spalter har ju BB-byrån anklagats för dåligt fungerande samarbete med institutionsfolk. Nu ville Bengt Forkman hävda raka motsatsen. För utan BB-byråns insats på sluttampen hade aldrig Max sett dagens ljus.⁸⁵ *Punsch och stoppknapp* fick Jan-Olof Adler som körde sista passet med gamla Lucy. *Trättaxar* delades ut till Sigward Nilsson från Stockholm, Georgy Soliakina, gästforskare från Leningrad, Bengt Erik Wingren, Wilhelm Key, Olle Cederholm och Britt-Marie Kallerhed. Så sa Bengt Forkman att han var framme vid de finaste priserna, nämligen *stafettpinnarna*, till dem som nu ska köra vidare: Hans-Åke Gustafsson, Kurt Lindgren, Werner Stiefeler, Bengt Lörstad och Gunnar Hyltén. Därpå fick så Christina Eriksson och Barbro Forkman *varsitt litet paket* därför att de över huvud taget stått ut med Mikael och Bengt hela tiden dygnets alla timmar som handlat om Max. Och allra sist förenade sig pristagare och gäster i "For he is a jolly good fellow" till Bengt Forkmans ära.

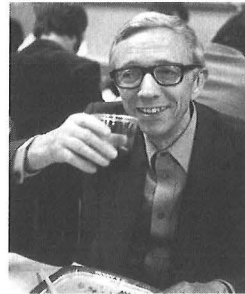


Fig 30 Olle Wernholm vid invigningen av 100 MeV race-track mikrotronen 791001.

Foto: Peter Voikans.

⁸⁵ Ur utrustningsanslaget till LU (LUP-medel), som handlades av BB-byrån, tilldelades under hösten 1979 MAX-projektet 478 kkr för uppbyggnad och Fysikum 55 kkr för inköp av ny dator IBM 1800 delvis motiverat av behovet vid MAX.

MAX växer upp

Norra apparathallen i M-huset, LTH, erbjuds MAX-lab

Då LTH byggdes upp under 60-talet ingick i byggnationen två 40x40 meter stora apparathallar inom M-huset, den södra och den norra. De skulle användas för såväl forskning som undervisning. I den norra hallen installerades en högteknologisk, avancerad utrustning, där man i fullskala skulle kunna pröva olika energisystem.

Vid stora uppbyggnader flyter det alltid omkring pengar som skall investeras på ett framsynt sätt. Detta är svårt och den tunga och dyrbara utrustningen i energihallen kom inte eller nästan inte till användning. Hallen blev en belastning för M-sektionen med onyttjad hall och betungande personal- och underhållskostnader. Orsaken till den låga användningsgraden var huvudsakligen att man med den nya datorutvecklingen kunde simulera fullskaleexperiment på ett tillfredsställande sätt.

Frågan om hallen togs upp med rektorsämbetet första gången 1975.⁸⁶ En serie utredningar inom LTH där även utifrån kommande expertis utnyttjades visade att utrustningen var överdimensionerad i förhållande till M-husets behov. Av denna anledning och av kostnadsskäl borde inte anläggningen hållas i stand.

Rektorsämbetet (RÄ) tillsatte 1978 en ledningsgrupp, som fick till uppgift att utreda om det fanns möjligheter att utnyttja hallen bättre. Ledningsgruppen skrev till samtliga institutioner inom LTH och den naturvetenskapliga fakulteten och gjorde i början på 1980 följande bedömning:

att några forskningsprojekt (vare sig interna eller externa) med syfte att kunna nyttiggöra den i hallen befintliga utrustningen icke hade kunnat presenteras, att viss laborativ verksamhet i fortsättningen kunde bedrivas övergångsvis i hallen med hjälp av den befintliga el-ångpannan (del av systemet),

⁸⁶ LUM redovisade 811022 fakta kring norra apparathallen "Pappren på bordet om MAX och M".

samt att medel för en revision av utrustningen, kostnaden uppgick till c:a 3 miljoner kronor, inte fanns disponibla.

Efter enhälliga rekommendationer från ledningsgruppen i februari 1980 beslöt RÄ med Carl-Gustaf Andrén som universitetsrektor bl a:

att samtlig tyngre utrustning definitivt skulle avställas från lokal användning fr o m 1981-07-01,

att inga ytterligare resurser för underhåll av denna utrustning skulle anslås,

att reservera 25% av hallens golvyta för laborationer inom grundläggande utbildning,

samt att återstående golvyta skulle disponeras för tillgodoseende av andra befintliga lokalbehov inom universitetet.

RÄ gav BB-byrån (byggnadsplanering och basresurser), med Pia Sellers som chef, i uppdrag att i samråd med husprefekten Hans Ahlman för M undersöka alternativa användningsområden.

Ärendet diskuterades även i Riksdagen, där utbildningsministern Jan-Erik Wikström i maj 1980 svarade på en fråga från lundapolitikern Lennart Petersson. Bl a yttrade han:

Jag anser att det är olyckligt att stora resurser under lång tid bundits för forskning som inte kommit igång. Jag kan inte ha någon annan uppfattning än rektorsämbetet i denna fråga så länge som forskningsverksamheten inom tekniska fakulteten är mer betjänt av att utnyttja den disponibla golvytan i hallen för andra ändamål. Som lokalresurs kvarstår ju energihallen.

Alla dessa turer gick MAX-gruppen förbi, men självklart blev den informerad under våren 1980. Det visade sig allt mer att LUSY-hallen var mindre lämplig för MAX som synkrotronljuskälla. Redan innan var det trångt. I och med att anläggningen även skulle utnyttjas som synkrotronljuskälla måste lagringsringen vidgas i förhållande till pulssträckningen för att skapa raksträckor för wiggler m. m. Kringutrymmena måste också vara större för att ge plats för mer än två synkrotronljusportar. Ombyggnadskostnaderna av LUSY-hallen visade sig dessutom bli stora.

Plötsligt, i varje fall för MAX-gruppen, fanns en stor välutrustad apparathall inom räckhåll. I sin skrivelse i juni 1980 till RÄ visade ledningsgruppen för MAX sitt intresse för M-hallen:

Energihallen är av stort intresse för projektet. Hallens flexibilitet, storlek och

goda utrustning vad gäller traverser, el-installationer och vattenkylning gör att den kan bli lämplig för en acceleratoranläggning.

Detta var ett djärvt steg som ledningsgruppen tog. Tanken att flytta in i en hall i två plan, som ej var byggd som acceleratorhall och som hade ett löstagbart golv, med de begränsningar och svagheter detta innebar, och där bygga upp en synkrotronljuskälla med kringutrustning, som kräver absolut högsta stabilitet och frånvaro av vibrationer och som dessutom måste skärmas från radioaktiv strålning, den var djärv. Projektet var ett högriskprojekt. Samtidigt skulle hallen kunna bli en mycket snabb och intressant lösning på MAX-projektets lokalbehov. Acceleratorgruppen var väl medveten om svårigheterna men ansåg det möjligt om bara inte det närliggande motorlaboratoriet i M-huset skapade vibrationer som störde. Den kraftiga biltrafiken strax utanför hallen kunde också störa. Vi hoppades på en snabb lösning men så snabbt som vi hoppats gick det dock inte.

Naturligtvis blev det motstånd i första hand från vissa professorer inom M-sektionen.⁸⁷ Stora lokalytor skulle permanent tagas ifrån M-verksamheten. Inom varje universitetsinstitution skulle en sådan åtgärd skapa negativa reaktioner. Men motståndet fanns även på andra plan. Inom RÄ var universitetsdirektör Stig Hammar oroad och tveksam. Inom LUs styrelse var Ulla Sandell, kommunalråd i Malmö, och medicinaren Håkan Westling klart emot, medan den nye rektorn, statsvetaren Nils Stjernquist, tydligt stödde projektet. När Håkan Westling tre år senare efterträdde Nils Stjernquist som universitetets rektor visade han däremot en stark vilja att ge MAX-lab rätta resurser och stred för laboratoriets vidareutveckling. Mer om detta senare.

En stark förespråkare var Ove Pettersson, professor i byggnadsstatik, som var teknikernas och naturvetarnas representant i styrelsen för LU och i dess lokalnämnd. I det dolda verkade Sven Johansson emot projektet. Som vi tidigare sett förordade Sven Johansson inte storforskningslaboratorier och nationella satsningar. Han menade att varje forskningsprojekt skulle ha sin naturliga tillväxt. Forskningspengar borde inte bindas upp i för hög grad. Därmed skulle nya projekt ha större möjlighet att utvecklas. Denna inställning hade också många kemister inom LU medan Lennart Ebersson (dekanus för matematisk-naturvetenskapliga och tekniska fakultetsnämnderna under åren 77-84) stödde MAX-projektet såväl på LU-nivå som i PUK inom NFR. Sven Johanssons motstånd skapade, utan MAX-gruppens kännedom, stora problem, eftersom hela MAX-projektet låg inom hans kärnfysikinstitution.

⁸⁷ De närmaste styckena bygger på intervjuer med Carl Foug, Per Erik Persson, Ove Pettersson, Nils Stjernquist och Kurt Strömberg.

Till fördel för MAX var att under just denna tid byggdes BB-byråns ansvar upp och universitetets lokalförtätningsprogram främjades. Pia Sellers hade goda kontakter med såväl Stig Hammar som Lennart Eberson. Dessutom är hon en orädd person som kunde se glädje i konfrontation. Under hela hösten diskuterades frågan om MAX-projektets placering inom olika nämnder och styrelser.

I slutet på januari 1981 kom ärendet på lokalnämndens bord. Ove Pettersson gav ett mycket starkt stöd åt MAX-projektet medan Stig Borglin, dekanus för LTH, som var inbjuden till sammanträdet, föredrog M-husets starka negativa inställning till projektet. Efter denna föredragning bad Nils Stjernquist Stig Borglin att lämna sammanträdet före beslut fattades. Då Stig Borglin något motvilligt lämnade lokalen vände han sig till Ove Pettersson och sa "Jag hoppas Du skall sova gott i natt efter beslutet." Ove Pettersson svarade "Det kommer jag att göra och jag hoppas att Du också skall göra det." Nämnden förordade enhälligt att MAX-projektet skulle inrymmas i norra apparathallen. Till stöd för sitt ställningstagande hade lokalnämnden bl a ett 810122 daterat yttranden från Kai Siegbahn i Uppsala ställt till MNE, varur ett utdrag här redovisas:

De förhoppningar man vid igångsättningen av projektet ställde på de vetenskapliga tillämpningsmöjligheterna har i hög grad besannats genom de senaste årens forskning vid utländska synkrotronanläggningar. Därtill kommer att Lundagruppen på ett närmast överraskande sätt lyckats genomföra sitt uppställda program med ett minimum av kostnader. Den i sammanhanget väsentliga injektoracceleratorn utgör bl a ett utomordentligt bidrag till teknologin på området som väckt berättigad uppmärksamhet vid utländska acceleratorer med betydligt större resurser till sitt förfogande.

Kai Siegbahns skrivelse fick närmast avgörande betydelse vid lokalnämndens sammanträde och röjde undan mycket av den tveksamhet och oro som förekom. Som redan nämnts blev också beslutet enhälligt.

Motståndet fortsatte dock. Matematikern Inge Brinck, som var ordförande i förvaltningsnämnd I, agerade. Han hade varit ledamot av den av RÅ tillsatta styrgrupp som hade rekommenderat en avveckling av norra apparathallen. Nu riktade han kraftig kritik mot MAX-projektets planering och dess vetenskapliga innehåll. Då förvaltningsnämnd I i mars 1981 sammanträdde för att besluta om budget och personalförteckning för MAX-laboratoriet, lade Inge Brinck vid sittande sammanträde fram en PM på bordet. I denna PM ifrågasattes realismen i hittillsvarande kostnadsberäkningar, tidplaner och vetenskapliga förutsägelser för MAX-projektet. Andra forskargrupper på fysiska



Fig 31 Sensationen MAX flyttar in i M-husets gamla energihall. "MAX i de nya lokalerna kommer att göra succé!" säger Bengt Forkman (Citat ur LUM 81 02 05).

Nedan: Samma plats 10 år senare. Foto: Per Lindström.



institutionen fick sin verksamhet inskränkt på grund av de stora resurser som gick till MAX-projektet. Projektet borde avbrytas och en fullständig revision göras. Som följd av denna PM bordlades ärendet i nämnden men vid påföljande sammanträde i april fastställde förvaltningsnämnd I enhälligt förslagen, som förelåg vid marssammanträdet. Promemorian föranledde ingen åtgärd från nämndens sida. Kritiken kom för sent för att hejda förloppet.

Institutionskollegiet för mekanisk värmeteori med strömningslära och avdelningskollegiet för strömningsmaskiner genom professor Gunnar Tyllerhed och universitetslektor Mates Heilig skrev till regeringen och anhöll om att MAX-projektet inte skulle placeras i M-huset. Som skäl angav man bl a att man ville ha kvar basutrustningen i hallen som var gemensam för tre institutioner, representerande ett värde av c:a 25 miljoner kr:

Att förstöra denna utrustning och därmed omöjliggöra dess framtida användning för forsknings- och utvecklingsarbete (bl a energiforskning) inom speciellt den mekaniska industrin skulle vara en enorm misshushållning, och ett enormt slöseri med statliga medel och mycket dålig forskningspolitik.

Avslutningsvis framhöll man att MAX-projektets placering i M-huset föreföll att vara ekonomiskt och forskningspolitiskt vanvett. Man kunde också ifrågasätta rektorsämbetets kompetens och befogenhet att avgöra dessa viktiga ekonomiska och forskningspolitiska frågor. Liknande skrivelser sändes till UHÄS revisionskontor och till Riksrevisionsverket. Ingen av skrivelserna ledde till någon åtgärd. Naturligtvis följde pressen livligt denna diskussion i alla dess faser. En av många rubriker löd:

Vår forskning stryps – professorer bråkar om tekniskt projekt. Vi har blivit överkörda. Vår forskning stryps om Max-projektet placeras i vår apparathall.⁸⁸

Det råder ingen tvekan om att MAX-projektet diskuterades på alla plan, vilket på sikt främjade projektet. Utåt möttes RÄs snabba beslut och starka stöd för projektet med respekt i departement, inom NFR och FRN, inom andra statliga myndigheter och hos andra finansiärer.

LU:s styrelse fastställde under hösten 81 lokalnämndens beslut. Nu följde en ytterst aktiv tid för alla inom MAX-projektet. Tidplaner skulle hållas. Flyttning förberedades. Den nya lokalen byggas om. Ny organisation skulle utarbetas och många sammanträden hållas. Förhandlingarna med M-huset skedde i en projektgrupp som leddes av prorektorn och teologen Per Erik Persson med

⁸⁸ SDS 811010.

byrådirektör Carl Foug som handläggare och sekreterare. Flera av M-husets representanter, Hans Ahlman, sektionsdekanus, och Tord Torisson, inst. för värme- och kraftteknik, hörde till den moderata falangen inom M. Tack vare dem lyckades det för Per Erik Persson att förhandla och få gruppen till beslut och för Carl Foug att verkställa besluten trots att den mera motsträviga gruppen inom huset reagerade.

Sällan har jag mött en person som Carl Foug, som trots svåra och för många ofta omtumlande beslut, lyckades vara vän med alla parter. Apparathallen rensades upp och ombyggnaden kunde påbörjas. Även om professorerna kände sina revir hotade, mötte MAX-folket förståelse och intresse hos den tekniska personalen. I detta samhang bör Sven Strandberg nämnas som i tysthet var oss till stor hjälp och stöd.

Den sista attacken kom i mars 1982, då Hans Ahlman rekommenderade att MAX flyttade till Sjöbo på grund av den enorma lokalbristen på M-sektionen.⁸⁹

MAX-lab – ett nationellt laboratorium

P-O Nilssons och A Flodströms ansökan 1978 till NFR var rubricerad *Uppbyggnad av en nationell synkrotronstrålningskälla*. NFRs arbetsgrupp, som följde på ansökan och som skulle studera svenska forskares behov av synkrotronljus, underströk vikten av att en modifierad MAX-anläggning skulle vara tillgänglig för samtliga svenska forskargrupper. Ledningsgruppen för MAX-projektet fann det naturligt att inför en framtida organisation närmre studera organisationen vid Tandemacceleratorlaboratoriet i Uppsala, TLU. Sedan början på 70-talet hade detta laboratorium drivits som ett nationellt forskningslaboratorium direkt underställt styrelsen för Uppsala universitet och med en styrelse tillsatt av UHÄ. Denna organisation hade fungerat väl. I enlighet med detta lämnade ledningsgruppen för MAX-projektet över till MNF ett förslag till organisation.

Sedan MNF och Fysikum lämnat sina synpunkter på förslaget kom ärendet på RÄs bord. Instruktioner för MAX-lab utarbetades och fastställdes av LUs styrelse i april 1981. I instruktionerna framgår:

att MAX-lab är gemensamt för forskare vid universitet, högskolor och övriga forskningsinstitutioner i riket. Internationella forskare skall även beredas tillfälle till forskning vid laboratoriet,
att MAX-lab har till uppgift att främja forskning medelst synkrotronljus och energirika elektroner,

⁸⁹ Skånska Dagbladet 820331.

att laboratoriet förvaltas som en särskild arbetsenhet under MNF. MNF utser föreståndare för laboratoriet sedan förslag inhämtats från MAX-labs styrelse,

att MAX-labs styrelse skall verka för laboratoriets nationella och internationella utnyttjande, besluta i frågor rörande budget och verksamhetsplanering, utarbeta och till MNF överlämna förslag till anslagsframställning för laboratoriet, verka för medelsanskaffning från bl a forskningsråd samt i övrigt främja laboratoriets verksamhet, *samt att* styrelsen skall bestå av ordförande utsedd av LUs styrelse efter förslag från MNF, föreståndare, en ledamot utsedd av MNF, en ledamot utsedd av LTH, tre ledamöter utsedda av NFR, en företrädare för de anställda och en företrädare för de studerande.

Den nya organisationen gav tyngd och stadga åt projektet. Detta är en viktig synpunkt. Allt för många universitetsprojekt har hämmats av att organisationen varit svag eller bristfällig. Den starka kopplingen till NFR, till MNF och LTH vid LU, till de anställda och de studerande har varit viktig.

Regeringen tog i sin budgetproposition jan 1982 ställning till MAX-projektet. Där skrev utbildningsminister Jan-Erik Wikström:⁹⁰

Vid universitetet i Lund har inom ramen för det s k MAX-projektet byggts upp en synkrotronljuskälla. En sådan ljuskälla har en vidsträckt användning inom såväl naturvetenskaplig forskning som teknisk forskning och ger universitetet en för landet och Norden unik forskningsutrustning. Den totala anläggningskostnaden för acceleratoren är 15–20 Mkr. NFR har anvisat medel för färdigställandet av synkrotronljuskällan.

UHÄ pekar på att synkrotronljuskällan kan bli av stor betydelse för svensk naturvetenskap. För närvarande finns endast ett fåtal anläggningar av liknande slag i Europa. Forskargrupper från Göteborg och Linköping har redan börjat använda synkrotronljuskällan med hjälp av anslag från NFR.

Jag delar UHÄ:s uppfattning att MAX-acceleratoren bör utnyttjas av forskare från andra universitet och högskolor och föreslår därför att universitetet i Lund som ett första steg tilldelas 450 000 kr för att täcka kostnader som kan hänföras till den nationella användningen av MAX-acceleratoren som synkrotronljuskälla. Den fortsatta uppbyggnaden av verksamheten får prövas i budgetarbetet de närmaste åren. Jag avser att senare återkomma till regeringen med förslag till bestämmelser m m för att MAX-acceleratoren skall kunna fungera som en nationell forskningsresurs.

⁹⁰ Proposition 1981/82:100 bilaga 12 s 493.

I februari 1986 upprättade utbildningsdepartementet förordning med bestämmelser för elektronacceleratorlaboratoriet (MAX-laboriet) i Lund.⁹¹ Förordningen följde de av LU 1981 upprättade instruktionerna så när som att även en ledamot utsågs av den tekniska och administrativa personalen vid laboriet.

Skilsmässa och bodelning

En skilsmässa och därmed hörande bodelning är alltid smärtsam. Så var det även när MAX-lab bröts ut ur fysiska institutionen. Frågan vem som äger vad är alltid lika svår att lösa. Acceleratorgruppen, som hade sina direkta rötter i synkrotronavdelningen LUSY, hade under hela den gångna uppbyggnadstiden av MAX noggrant planerat inköp av specialutrustning och maskiner till Fysikums mekaniska verkstad, elektronikverkstad och vakuumlaboratorium. Det var naturligt för dem att denna utrustning skulle följa med MAX-lab när projektet nu skulle flyttas från Fysikum till M-huset. Men fysiska institutionens ledning var av annan åsikt. Genom att finläsa rådskontrakten till uppbyggnaden av MAX-systemet påstod man, kanske juridiskt korrekt men rättsmedvetet felaktigt, att all utrustning som inskaffats på MAX-kontrakt under den tid projektet var placerat på Fysikum tillhörde institutionen. I en skrivelse i april 1983 från MAX-lab till RÅ berörs denna fråga.

Under projekterings- och uppbyggnadstiden för MAX fr o m 760701 t o m 810630 då MAX-lab blev särskild arbetsenhet har MAX-lab ur sina forskningsanslag bekostat verkstadsutrustning, som placerats i fysiska institutionens östra verkstad. Denna utrustning har ofta varit av specialkaraktär. Dessutom har MAX-labs vakuumlaboratorium byggts upp för att uppfylla högt ställda renhetskrav. Huvudparten av denna utrustning tillåter fysiska institutionen ej att MAX-lab tager med sig vid flyttningen, eftersom den upphandlats under den tid MAX-lab tillhörde fysiska institutionen.

Den utrustning som fysiska institutionen erbjuder MAX-lab enligt skrivelse 830304 är gammal och delvis starkt försliten samt i flera fall ointressant för laboriet. På den begagnade marknaden betingar den ett pris av 10 kkr.

⁹¹ Utbildningsdepartementet Dnr 2822/84, UHÄ-FS 1986:1, reviderad 871008, UHÄ-FS 1987:74. RÅ fastställde kompletterande föreskrifter för MAX-lab 871104, där det bl a angavs att MAX-lab är en enhet inom tekniska och naturvetenskapliga högskolan. Dessa föreskrifter reviderades 900517 eftersom tekniska och naturvetenskapliga högskolan upphörde varvid MAX-lab blev en enhet inom MNE.

Det känns ytterligt märkligt för personalen vid MAX-lab att åter bygga upp den specialutrustning den skaffat sig. I flera fall kan det också ifrågasättas om Lunds universitet är betjänt av dubblerad specialutrustning. Detta gäller speciellt utrustningen i vakuumlaboratoriet som för närvarande utnyttjas till över 90% av MAX-lab och som på grund av fysiska institutionens inställning måste dubblas.

Naturligtvis var denna skrivelse färgad av debatten, men det var en i det närmaste avskalad driftgrupp som flyttade över till M-huset. Diskussionen gällde även den nya datoranläggning som Fysikum delvis fått från K&AW bara något år tidigare och som starkt motiverats av MAX-labs behov. Det är inte lätt att dela på en dator.

Man kan undra över varför fysiska institutionen intog en så tuff attityd i dessa diskussioner. Skälen är många. Ett skäl var säkert att Fysikum inte kände någon starkare lojalitet mot MAX-lab. Snarare betraktades projektet som en gökunge, som redan tagit allt för stora resurser från institutionen. Dessutom fanns det endast ett svagt intresse för synkrotronljus bland forskare inom fasta tillståndets fysik och inom atomspektroskopi i Lund.

För MAX-lab innebar det att de upprättade ekonomiska planerna sprack. Nu måste medel reserveras för att ånyo inköpa nödvändig teknisk utrustning. Det var dock lätt att förklara den uppkomna fördyrningen. Speciellt gällde detta datorfrågan. MAX-lab lämnade in två likalydande ansökningar à 950 kkr till FRN och LU. Ansökan avsåg såväl ett datorsystem för datainsamling vid experimentuppställningarna som ett mindre datorsystem för kontroll och styrning av acceleratoren. FRN beslöt i juni 1992 att tilldela laboratoriet 600 kkr under förutsättning att LU ur UHÄ-medel skulle bidra med resterande belopp. Möjligheterna till detta var till en början goda. Datorpengar och verkstadspengar fördelades centralt i särskilda potter, men på lokal nivå gick det bra att växla från dator till verkstad. MAX-vännerna Lennart Ebersson och Carl Fougé satt i LUs verkstadskommitté gjorde en manöver. De insåg det akuta behovet av verkstadsmedel till MAX-lab och att det var lättare att finna en annan finansiär för datorer än för verkstadsmaskiner. Samtidigt som MAX-lab fick medel till verkstadsutrustning meddelade RÅ utåt att man tvingats på grund av de omfattande kostnaderna, som iordningställande av hall och uppbyggnad av laboratoriet medförde för universitetet, och trots insikten om det nödvändiga behovet av en dator vid laboratoriet, att rekommendera styrelsen vid MAX-lab att söka efter en extern finansiär. MAX-labs styrelse lämnade i slutet av augusti 1982 in en ansökan till K&AW på det resterande beloppet nu justerat till 420 kkr på grund av kraftiga prishöjningar. En månad senare beviljade K&AW det sökta beloppet.

Genom denna och andra manövrer samt genom att driftgruppen åtog sig betydande uppdragsverksamheter skaffades utrymme för att reservera 600 kkr för verkstadsmaskiner.⁹² Leif Thånell (verkstadschef) och Nils Erik Persson (1:e instrumentmakare) gav sig ut på jakt efter måttligt begagnade maskiner. Tiden var den rätta eftersom det just skedde en omställning till datorstyrda maskiner ute i industrin. Det var möjligt att köpa maskiner med goda prestanda billigt om de ej hade de senaste moderniteterna. Pengarna räckte till det nödvändiga behovet och MAX-lab fick bättre verkstadsmaskiner än dem de lämnade efter sig. De verkstadsmaskiner som köptes har dugt till att bygga upp MAX I och att installera MAX II och all kringutrustning kring dem och de kommer också att användas för installation av MAX III. På liknande vis gick det att bekosta en ny avfettningsanläggning med väl så goda prestanda som den som lämnats på Fysikum. En senare historia är att den nya anläggningen utnyttjade freoner som rening och därmed visade sig vara mycket miljöfarlig. Trots svårigheterna med bodelningen blev slutresultatet för MAX-lab gott.

Under våren 1983 blev M-hallen färdig för inflyttning. Det kändes bra. Vi kände att projektet skulle lyckas och erhöll ett mycket starkt stöd från RÄ, MNF och LTH i Lund och från NFR, FRN samt från K&AW, RJ och STU.

MAX I – ett lundensiskt konsthantverk

Det som ofta imponerar på utländska gäster, när de besöker MAX-lab, är att MAX I är ett hemmabygge. Acceleratorgruppen som lärde upp sig på LUSY byggde såväl mikrotronen som lagringsringen. Det var en nödvändighet dels på grund av mycket begränsade ekonomiska tillgångar, dels för att synkrotronljuskällor inte var kommersiellt tillgängliga. Tekniken var alldeles för ny. När MAX I invigdes 1987 bestod driftgruppen av 14 man. Det var de som byggde MAX I. Därutöver fanns det två man för synkrotronljusteknik.

När det gällde race-track mikrotronen hade vi som prototyp Olle Wernholms 50 MeV mikrotron. Denna var en av de allra första race-track mikro-

⁹² Mikael Erikson utvecklade goda kontakter med det svenska företaget Instrument AB Scanditronix. Acceleratorgruppen utförde många uppdrag under 80-talet och i början på 90-talet för detta företag. Det första samarbetsprojektet rörde byggandet av en 800 MeV injektor-synkrotron, med ME som vetenskaplig chef, för den i Berlin uppförda synkrotronljuskällan BESSY. De största var konstruktionen och framtagningen av en 50 MeV race-track mikrotron för medicinskt ändamål, som byggdes upp i Lund för placering i Umeå, och design och igångsättningen av en synkrotronljusanläggning på 1,3 GeV i Taiwan. ME var dessutom svensk representant i maskingruppen för ESRF. Huvuddelen av hans arbete i denna grupp var inriktat mot injektorsynkrotronen, VUV-ringen samt föraccelatorn (en 100 MeV race-track mikrotron).



Fig 32 MAX-labs driftgrupp (14 personer), servicegruppen för synkrotronljus (2 personer) jämte föreståndaren (1987). Från vänster: Bengt Forkman, Lillemor Ekstedt, Mikael Eriksson, Leif Thånell, Lars-Johan Lindgren, Lars-Gösta Johansson, Lennart Lundin, Nils-Erik Persson, Wilhelm Key, Olle Cederholm, Lars Hansson, Bo Persson, Mats Nilsson, Werner Stiefler, Bengt Erik Wingren, Kurt Hansen och Johnny Roslund. Foto: Per Lindström.

tronerna i världen. När det gällde lagringsringen var situationen snarlik. Det fanns inte många andra generationens synkrotronljuskällor. I stället fick Mikael Eriksson resa runt till olika laboratorier och snappa upp idéer och knep. Goda kontakter erhöles med synkrotronljuslaboratorierna i Wisconsin och DESY-lab i Hamburg. Idéer hämtades utifrån men många idéer, som ledde till nykonstruktioner, kläcktes av medlemmarna i MAX-labs acceleratorgrupp.

Acceleratorteknik

Acceleratorgruppen utgjordes av Mikael Eriksson och Lars-Johan Lindgren. Mikael Erikssons avgörande betydelse för MAX-projektet har redan berörts flera gånger. Det var synnerligen lyckosamt att han knöts till verksamheten och snabbt fick stort ansvar inom projektet.

Mikael Eriksson skaffade sig som vi sett fort internationellt erkännande, och detta ledde till att finansörerna redan på ett tidigt stadium trodde på

projektet. Sin förmåga visade han genom nytänkande i samband med konstruktionen av race-track mikrotronens injektions- och accelerationssystem. Ett stort problem var att elektronerna i det närmaste måste ha ljushastighet när de trädde in i mikrotronen. I annat fall böjdes de under sin första returbana så starkt av magnetfältet att de ej gick fria från linacen mellan magneterna. Det fanns flera lösningar för att undvika detta. Man kunde, som Olle Wernholm gjort i sin 50 MeV race-track, borra upp ett sidohål i linacen igenom vilket elektronerna tilläts passera. Man kunde också föraccelerera dem innan de trädde in i mikrotronen. En tredje metod kunde vara att styra elektronerna under första varvet i en särskild bana där de länkades så att de kunde passera linacen. De två senare metoderna fanns under design och utveckling vid acceleratorlaboratorier i USA.

Acceleratorgruppen vid MAX valde till en början metoden med föracceleration, men under arbetets gång kom Mikael Eriksson på idén att låta linacen vara av stående-våg typ, vilket innebar att elektronerna kunde accelereras i den när de passerade från höger till vänster men också när de gick från vänster till höger. Viktigt var att de hade rätt fas, vilket ganska lätt gick att lösa. Idén var genialisk och problemet med första returbanan var ur vägen. När elektronerna hade passerat linacen en gång i varje riktning hade de uppnått en energi av 10



Fig 33 Mikael Eriksson (1995). Allt sedan 1976 teknisk chef för MAX-lab. Foto: Per-Olof Stoltz.

MeV, och den andra returbanan passerade utanför linacen. Injektionsmetoden vann snabbt internationell uppmärksamhet och användning. Den största svårigheten var nog att förklara för driftgruppen att de måste avsluta en långt gången konstruktion av föracceleratorn och strålgången i samband med denna. Race-track mikrotronen var i funktion 1979 och i dag drygt tjugo år senare är den på väg att pensioneras. Det har varit en lyckad och tålig konstruktion som över hövan uppfyllt förväntningarna.

När projektet utvidgades till att även omfatta synkrotronljus knöt Mikael Eriksson till sig Lars-Johan Lindgren, som 1978 disputerade inom kärnfotofysik på avhandlingen *En studie av fotofissionsprocessen för ^{234}U , ^{236}U och ^{238}U vid excitationens energier kring barriären*. Docent Sven Bjørnholm, Niels Bohr-institutet Köpenhamn, internationellt känd fissionsforskare, var fakultetsopponent. I ett brev till mig i januari 1979 kommenterar han Lars-Johan Lindgrens avhandling. Bl a säger han:

De resultater som han har uppnået i form af en detailleret bestemmelse af fotofissionstværsnit og vinkelfordelinger for uranisotoperne med lige massetal måtte imponere ved deres nøjakhed og ved den rigdom på oplysninger, som gennem en særdeles kompetent analyse og fortolkning kunne uddrages af målingerne. Jeg kender ikke noget experimentelt arbejde der mere præcist og systematisk belyser de grundlæggende symmetriegenskaber af de to fissionsbarrier i uranisotoperne.

Mikael Eriksson kunde knappast ha funnit en bättre medarbetare inför de stora uppgifter som låg framför dem vad gällde lagringsring och MAX II anläggningen. Ändock uppstod problem för MAX-ledningen, men problem är till för att lösas. Olle Wernholm avgick 1982 med pension från sin extra professur i acceleratorteknik vid KTH. Tjänsten ledigförklarades och lockade fyra sökande, varav Mikael Eriksson var en. En annan var Miroslav Sedlacek, mångårigt meriterad forskare inom acceleratorgruppen på KTH. På grund av sina stora meriter vid MAX-lab fick Mikael Eriksson tjänsten.

I detta läge agerade MAX-lab styrelse snabbt och begärde att styrelsen för Lunds universitet snarast inrättade en extra professur i acceleratorfysik knuten till MAX med Mikael Eriksson som förste innehavare. Som bilaga bifogades sakkunnighetsutlåtandet gällande den extra professuren i acceleratorteknik vid KTH. MAX-styrelsen fick kritik för att den inte agerat medan KTH-tjänsten fortfarande var under tillsättning, men styrelsen försvarade sig med att det var betydligt lättare att driva ärendet om Mikael Eriksson tilldelats tjänsten på KTH. Nu fick KTH-tjänsten ledigförklaras igen och i denna omgång tilldelades Miroslav Sedlacek tjänsten.



Fig 34 Lars-Johan Lindgren och Mikael Eriksson (1987). Foto: Bengt Erik Wingren.

När MAX I invigdes i januari 1987 hade acceleratorgruppen utökats med tre doktorander Åke Andersson, Peter Röjssel och Sverker Werin.

Magneteknik

Redan i januari 1974, ungefär samtidigt som ansökan om MAX-projektet lämnades in till AFR, tog Lars Hansson kontakt med AB Bofors med förfrågan om de var beredda att legosmida järn från Hellefors Jernverk. Järnet var av kvaliteten REMKO B (så kallat rent järn) andra sortering och fanns i tre stycken göt, vardera med vikten 3 ton. Priset var 90 öre/kg. Beställningen bekräftades i februari 1974 och levererades under våren som tio cylindriska skivor, efter det dessa testats med ultraljud. På Fysikum svarvades sedan de levererade skivorna med högsta möjliga precision till rätt tjocklek och diameter. Yttermättet bestämdes av möjligheterna hos den största svarven på Fysikum. Skivorna limmades till en enda stor tjock cylinder och ökades till en stabil konstruktion. Därefter lämnades järncylindern bort till Svedala för utfräsning av det U-formade gapet för polstyckena, huvudspolarna och poloken för de reverserade fälten. Allra högsta krav ställdes på planhet och parallellitet. Bommen i fräsen fick inte röras för att förhindra eventuella fel, om bommen skulle fjädra. Varje magnet vägde approximativt 2,6 ton inklusive kopparlindningarna. Åter tillbaka på Fysikum monterades magneterna på ett stativ, som kunde justera deras

läge, så att de kom exakt på plats. Man kan knappast föreställa sig vilken utmaning det var för en liten verkstad att hantera och producera allt, stort som smått, som behövdes. Under Leif Thånells ledning var det Preben Jensen, Thomas Nilsson och Sven Lundborg som skötte det intrikata mekaniska arbetet med race-tracken.

Pulssträckaren planerades och designades samtidigt som race-track mikrotronen byggdes. Som vi redan vet måste konstruktionen ändras när MAX-projektet 1979 modifierades till att även innefatta synkrotronljus. Med detta måste kraven på magnetjärnet i ringen ytterligare skärpas eftersom magnetfältet måste ökas i takt med att elektronerna accelererade upp till energin 550 MeV. Kolhalten i järnet var avgörande och prover hämtades hem från Domnarvets jernverk, Oxelösunds järnverk, Smedjebackens valsverk och andra. I samtliga prover låg kolhalten kring 1–10 promille. Under arbetets gång att finna rätt järn, dök det plötsligt upp en ny möjlighet. Plannja som tillhörde Svenska Stål hade helt nyligen tagit fram en stålsort med beteckningen DE-LOC som var extremt lågkolhaltigt (C-halt mindre än 5 hundraedels promille). Stålet hade maximal formbarhet och svetsbarhet. Järnet hade tagits fram för att användas i bruksföremål. Spisar och kylskåp gjordes med fördel i detta porfria järn, eftersom enskiktsemaljering var möjlig. För MAX var detta ett fynd. På marknaden fanns ett perfekt magnetjärn till ett hyggligt pris. Upp-täckten spred sig och även CERN blev intresserad att använda Plannjajärnet vid sina magnetkonstruktioner.

I januari 1979 beställdes 1 mm plåtar med måtten 1000x2400 mm i paket som ej fick överskrida 4 ton. Paketen levererades till Lomma Metalltryckeri AB för utstansning. Snart därefter låg över 15 ton järn i tunna skivor i verkstaden på Fysikum och monterades till elektromagneter. Det var ett stort hemmabygge. Nio magneter skulle byggas och varje magnet bestod av över 900 utstansade plåtar. De skulle gradas runt stanskanterna, läggas i gigg, för att få den rätta utformningen och sedan limmas. Först användes epoxilim, men det visade sig hälsovådligt. Därför övergick man till cyanakrylat. Leif Thånells mor sponsrade med en gammal fin trämangel genom vilken skivorna vevades, efter det de fått ett limlager, för att det skulle bli jämntjockt. Det var ett tålmodigt arbete som samtidigt krävde hög precision. Gustav Ekberg och Sven Lundborg skötte det på ett professionellt sätt.

Man kan tycka att det var oklokt att producera dessa stora och tunga magneter i en liten institutionsverkstad. Alternativet vore att låta ett stort företag åta sig uppdraget efter noggrant upprättade specifikationer. När det gäller konventionella magneter med enkel form är detta säkert att föredraga även om kostnaderna kraftigt ökar. När det gällde mikrotronmagneterna var situationen en annan. Projektet var ett utvecklingsarbete, där geometrier och annan

utformning inte var givna på förhand utan ändrades efter hand. Om industrin skulle fabricera magneterna under sådana förhållanden skulle kostnaderna blivit skyhöga.⁹³ Det krävde skicklig personal, skicklig verkstadsledning och skickliga konstruktörer.

En ny utmaning blev det när race-track mikrotrotronen, ringmagneterna och betongklumparna, som totalt vägde 700 ton, skulle flyttas över till M-huset 1983. Med en gammal kanonlavett som släpkärra och en inlånad liten traktor som drag gick det långsamt och inte alltid så säkert. Traktorn var inte tillräckligt stark för att kunna bromsa ekipaget och det var ett äventyr att passera Tornavägen och se till att inga bussar blev påkörda. I nerförsluten var det särskilt kritiskt. En fråga var om det var möjligt att få ner race-track mikrotrotronen på sin plats i M-husets källare. Hallgolvet bestod av löstagbara plattor som låg i ett ramverk men var golvhålet efter en platta tillräckligt stort för att få ner acceleratoren? Det gick med skohorn, endast 5 cm var till godo och race-tracken behövde ej monteras itu. Tur måste man ha ibland.

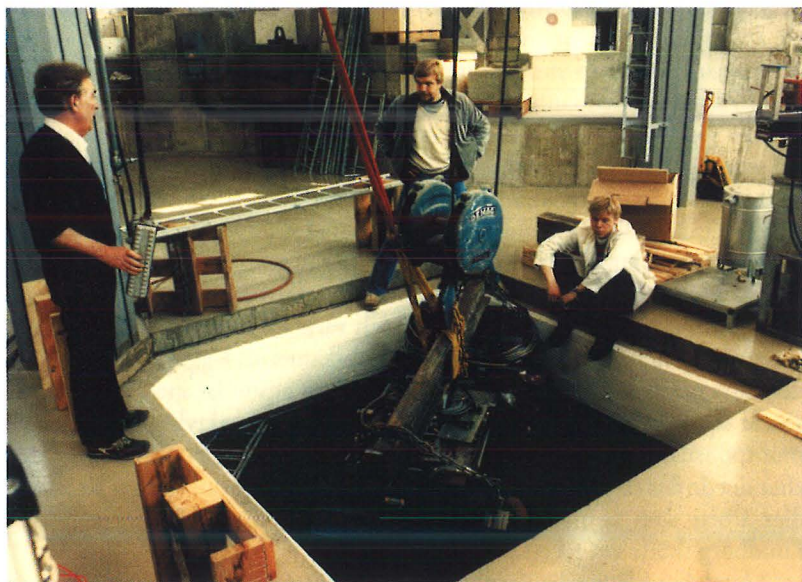


Fig 35 Race-track mikrotrotronen flyttar in i MAX-hallen (830515). Lars Hansson och Anders Flodström övervakar. Foto: Bengt Erik Wingren.

⁹³ R Alvinsson and M Eriksson, *A design study of a 100 MeV race-track mikrotrotron/pulse-stretcher accelerator system* TRITA-EPP-76-07, KTH, LUSY-7601, LU.

I allt detta arbete hade Lars Hansson ett avgörande inflytande. Som alltid fylld av praktiska idéer och med en läggning att övervinna svårigheter fann han rätta järnkvaliteter, gjorde konstruktioner för tunga lyft och löste mängder av problem för att underlätta arbetet.

Ingenjör Lars Hansson anställdes i februari 1954 vid 35 MeV elektronsynkrotronen, något år efter det den uppmonterats i Lund. Allt sedan dess har han genom sin tekniska skicklighet och noggrannhet, sin uppslagsrikedom och sin förmåga att finna tekniska lösningar i en trängd ekonomi varit oersättlig för utvecklingen av elektronacceleratorer i Lund.

För dessa insatser belönades han 1984 med IVAs guldplakett för förtjänstfullt arbete med tillämpning och vidareutveckling av kunskap och teknik inom akademiens verksamhetsfält.

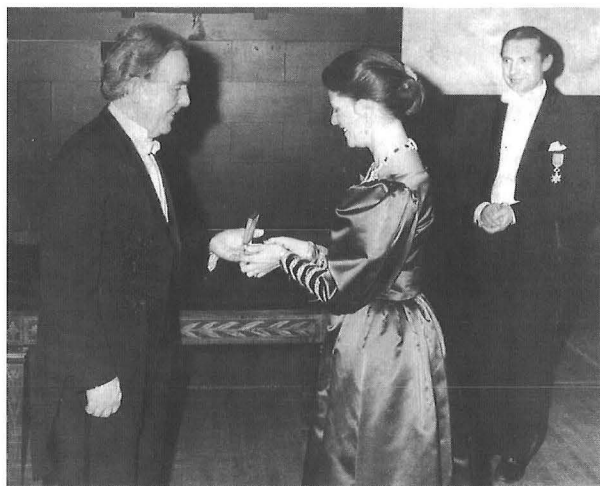


Fig 36 Lars Hansson får IVAs guldplakett ur drottning Silvias hand (841026). Foto: Svensk Reportagetjänst.

Vakuum, konstruktion och verkstad

Hittills har vi bara berört de tunga och påtagliga delarna i projektet. Till detta kommer allt det som måste göras men som inte syns. Vakuumteknikens svåra konst ner mot otroligt goda 10^{-13} atm lärde sig ingenjör Leif Thånell. För att uppnå detta goda vakuum krävdes avfettning och tvättning och utveckling av pumpsystem (en särskild historia är hemmakonstruktionen av "distributed pumps", som ligger inne i vakuumrören). Samtidigt var han chefmekaniker och mekanisk konstruktör redan under LUSY-tiden och har varit det under

hela utvecklingen av MAX. År 1993 tilldelades även han för dessa sina insatser IVAs guldplakett. I motiveringen framhölls bl a följande:

Ingenjör Leif Thånell har arbetat som vakuumtekniker och konstruktör för utrustning till tre olika acceleratorer. Den största insatsen är utan tvivel konstruktionen av MAX-acceleratorn i Lund. Det har krävts ett unikt kunnande på ett stort antal teknikområden och en förmåga att integrera vitt skilda system till lösningar med hög precision.

Att svetsa i rostfritt och konstruera vakuumrör för elektronen så att de håller ultravakuum är en konst som det är få förunnat att kunna, men som Nils-Erik Persson lärde sig under LUSY-tiden och behärskar med glans. I ett uttalande hösten 1991 om Nils-Erik Persson säger Leif Thånell bl a följande:⁹⁴

Nils-Erik har även under åren lärt sig att själv utveckla alla de jiggar som vi behöver för svetsning och numera anger vi inte på ritningarna vad som behövs utan Nils-Erik utformar det på egen hand. Vi sparar således mycket tid med detta förfarande. Han har även skaffat sig en mycket god kännedom om arbete med UBV (ultrabla vakuum), varför han ofta hjälper mig vid tester och övriga arbeten med vårt vakuumsystem. Man kan nog utan överdrift påstå att mycket av MAX I-ringens succé bl a beror på att vi haft så lite vakuumfel, och det är här Nils-Eriks eminenta svetsförmåga och kunskaper kommer in.



Fig 37 Leif Thånell och Nils-Erik Persson diskuterar några ritningar(1987). Foto: Per Lindström.

⁹⁴MAX-labs styrelse: Protokoll 910916, bilaga 10c.

Till verkstaden knöts i mars 1984 Bo Persson vilket var en nödvändig förstärkning. Den extra arbetskraft i verkstaden som Åke Lundgren utgjort upphörde i augusti samma år.

Elteknik, styrteknik och mikrovågsteknik

Lars-Gösta Johansson lärde sig allt om låg- och högspänningsteknik samt magnetteknik. Hans främsta egenskaper är den starka viljan att lära sig nya ting. Envist och målmedvetet förkovrar han sig ständigt och blev oumbärlig i samband med all ny praktisk teknik inte minst på datasidan. Ansvaret för styrteknik, där den då nya datortekniken utnyttjades, och utveckling av vaktteknik hade Wilhelm Key.

Handhavandet av högfrekvenstekniken blev en specialitet för Olle Cederholm. Han erhöll allt bredare kunskaper inom denna teknik och har fått tillfälle att praktisera den på ett tiotal olika acceleratorer som under hand konstruerats. Lars-Gösta Johansson och Olle Cederholm var med redan på LUSYs tid. Deras uppgifter har varit fyllda av ansvar och de har visat en stor lojalitet mot MAX-lab.

Upplinjeri och strålskydd

Upplinjeri av hela acceleratorsystemet och alla "beamlines" (strålrör) på ett par hundra millimeter när är en konst för sig. Med hjälp av laserstråle och snöre med lod klarade Werner Stiefler detta. Tillsammans med Peter Röjssel utvecklade han en uråldrig teknik till fulländning. De behövde en vattennivåmätare med högsta möjliga känslighet. Därför lät de en laserstråle passera ner genom en vattenbehållare. Den reflekterades diffust mot en bottenplatta av porslin och träffade sedan vattenytan igen där den bröts på normalt sätt. Plattan tycktes närmre ytan när den betraktades ovan vattnet. Om man vet vattnets brytningsindex och det rätta djupet kan man beräkna vattenytans läge. Med laserljuset gick det att mäta avståndsskillnader i vattenytan på 3 tusendels millimeter när. Så klarades justeringar i höjdläget.

Elektronstålens läge i acceleratoren bestämdes med röntgenfilm. Filmerna exponerades av det svaga bromsstråleljus som bildades då elektronerna påverkades av den tunna restgasen i röret. När bromsstråleljusets riktning väl bestämts och eftersom denna riktning sammanfaller med synkrotronljusets monterades det upp en laser längs denna riktning. Laserstrålen användes för att linjera upp i sidled de experimentella strålrören ute i hallen. Ett snöre fästes några meter ovanför strålen. I snöret fästes två fisklinor av koppar och i linorna fästes två vikter. För att snabbt dämpa vikternas pendelsvängningar fick de hänga i vatten i två avsågade coca cola-flaskor. Minsta vibration eller vindpust



Fig 38 Werner Stiefler (1995). Han var med på 35 MeV synkrotronens tid, under hela LUSYs tid, och var pionjär inom synkrotronljusfysik i Lund. Han har varit med under MAX I, MAX II och är fortfarande med när MAX III byggs men nu som pensionär. Foto: Per-Olof Stoltz.

skulle annars gjort mätningarna omöjliga.⁹⁵ När laserstrålen träffade den främre vikten erhöles ett utmärkt diffraktionsmönster. Därefter flyttades snöret så att den bakre vikten hamnade i centrum av detta diffraktionsmönster. Därmed var vertikalplanet definierat. Att omvandla en konventionell maskinhall till en acceleratorhall och experimenthall med höga krav på renhet och stabilitet är en svår uppgift.

Werner Stiefler, som knöts till kärnfotogruppen redan på 35 MeV-acceleratorns tid, är en synnerligen mångsidig och kunnig fysiker. Han disputerade inom kärnfotofysik på en avhandling *An experimental study of the emission of photoprotons from nuclei*, och utnyttjade LUSY för sin forskning. Redan då visade han en ovanlig förmåga att lösa svåra både experimentella och teoretiska problem. Denna hans förmåga har han fördjupat allt mer under sin långa tid inom MAX-projektet. Han var den förste inom MAX-gruppen som experimentellt började intressera sig för synkrotronljus.

⁹⁵Werner Stiefler "Sendero Luminoso", MAX-LAB Activity Report p 58, 1991.

Peter Röjssel and Werner Stiefler: *Hydrostatic levelling system with laser sensors*, MAX-LAB Activity Report p 59, 1995.

Werner Stiefler hade också som uppgift att sköta strålskyddsfrågor och se till att alla på MAX-lab hade strålskyddsbrickor på sig. Arbetsuppgiften var självklart mycket viktig. En viktig funktion var även att informera personalen i M-huset om vilka regler som gällde och hur skyddet var uppbyggt.

Även som pensionär finner man honom ständigt på hallgolvet, men många av hans tidigare uppgifter har idag övertagits av Åke Andersson, Kurt Hansen och Stefan Wiklund.

Datateknik

I och med att datorfrågan för MAX löstes kunde MAX-ledningen ledigförklara en dataingenjörstjänst. Mats Nilsson som varit ansvarig för upphandlingen kunde nu aktivt knytas till MAX-lab. Även Mats Nilsson hade sin forskarutbildning inom kärnfotofysik och disputerade 1981 på avhandlingen *Några fotoninducerade kärnreaktioner vid höga energier*. Sedan september 1980 är han knuten som datakunnig till MAX-projektet.

Administration, personalvård och sekretariat

Under hela tiden från de första tankarna om MAX 1973 fram till 1983 då MAX flyttade in i M-hallen hade MAX-projektet ingen administrativ personal. En av doktoranderna Rolf Petersson arvoderades för att sköta fakturering och utbetalning. Anledningen var att spara pengar, men det var ett ohållbart sätt. Den administrativa bördan ökade lavinartat. För att undgå universitetets anställningsregler utlyste vi en sekreterartjänst på kvartstid och fick 30 sökande.

Många var mycket kvalificerade, men till vår glädje sökte även Lillemor Persson (numera Ekstedt). Under en kortare tid hade hon varit anställd hos Guy von Dardel under sent 60-tal men lämnat tjänsten för vidare studier. Hon hade gjort sig mycket omtyckt för sin skicklighet, noggrannhet och vänlighet. Lillemor Persson tillträdde tjänsten i januari 1983 och genast fick hon mycket att göra med att utarbeta goda rutiner, få stadga i ekonomin, registrera och instruera alla besökande forskare, vara sekreterare vid styrelsens och arbetsutskottets sammanträden, hantera personalärenden och renskriva korrespondens, ansökningar och forskningsredogörelser. Arbetsuppgifter saknades sannerligen inte och snart var tjänsten på heltid.

Lillemor Ekstedts klokhets och ordningssinne och hennes förmåga att kunna samarbeta och vara vän med alla gjorde och gör henne synnerligen lämplig till uppgiften att hålla ihop det expanderande forskningslaboratoriet. Idag består administrationen av Lillemor Ekstedt som intendent och bas och ytterligare två personer Ann Barthel och Helena Ullman och alla har de fullt upp att göra.

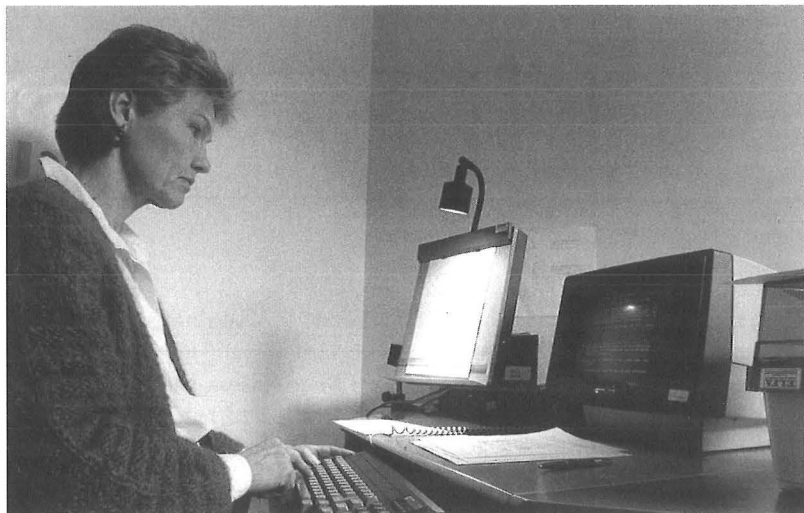


Fig 39 Lillemor (Persson) Ekstedt (1987). Foto: Per Lindström.

Övergripande service

MAX är ett komplext system och behöver ständigt övergripande service. Det gällde också att ta tillvara överblivet material och rutinmässigt bygga upp nya ting, allt från elektronikkretsar till att stöpa blyblock till strålskyddet. Lennart Lundin och Bengt Erik Wingren hade här väsentliga uppgifter. Bengt Erik Wingren knöts till MAX-lab redan under andra halvan av 70-talet. Förutom ordinarie arbetsuppgifter har han med flera hundra fotografier dokumenterat hela MAX-labs utvecklingsprocess.

Det är verkligen inte att förvåna sig över att många besökare häpnar över att MAX I är ett hemmabygge, ett lundensiskt konsthantverk. Ännu märkligare är att MAX-lab har byggts av helt vanliga människor, som har fått sin grundutbildning på yrkesskolor, verkstadsskolor och tekniska gymnasier. Det är inte importerade experter som byggt utan människor med stort intresse, stor nyfikenhet och grupployalitet och med stort självförtroende.

I samband med att beslutet fattades att MAX-projektet skulle flytta till M-huset, trots M-professorernas protester, skrev signaturen Demokritos i oktober 1981 en insändare i teknologernas tidning *Litet Ordo* under rubriken "Ingenting föds ur intet" bl a följande:

Det är otvetydigt så att forsknings-, initiativ- och drivkraften finns hos MAX-forskarna. Om M-profeterna bara haft hälften av motsvarande kraft hade situ-

ationen säkert varit annorlunda. Det är möjligt att MAX inte är så bra som företrädarna vill framhålla, men ett är säkert: Den vetenskapliga kraften som högskolan behöver finns hos forskare med samma go i som de inom MAX-projektet.

Uppbyggnad av forskning med synkrotronljus vid MAX

När MNF i november 1980 diskuterade MAX-labs organisation som nationell forskningsanläggning, beslöt man också att inrätta en docenttjänst för att säkra en lokalt förankrad miljö kring synkrotronljuskällan. Tjänsten ledigförklarades och fick sju sökande av vilka det fanns en tätgrupp på tre personer: Anders Flodström, Leif Johansson och Elisabeth Källne. De sakkunniga var Carl Nordling, UU, och Christof Kunz, DESY, Hamburg. Båda satte Anders Flodström främst. I sitt yttrande skriver Carl Nordling bl a följande:

Högst på denna lista placerar jag Flodström. Han är en mycket initiativrik forskare som i livligt internationellt samarbete och med utnyttjande av olika tekniker, främst experimentella men också teoretiska, har studerat fundamentala problem inom elektronstrukturen för fasta ämnen, med särskild tonvikt på ytfysikaliska/ytkemiska frågor. För denna forskning har han i stor utsträckning betjänat sig av synkrotronljus, och han har dessutom betydande erfarenhet av konstruktionsarbete för apparatur i anslutning till synkrotronljusanläggningar.

Det var synnerligen lyckosamt att Anders Flodström knöts till MAX-lab. Han hade fått sin forskarutbildning vid LiTH och som gästforskare vid SSRL i Stanford.

Redan 1978 tog han tillsammans med P-O Nilsson, som vi sett, initiativet till att MAX-projektet skulle modifieras till att även innefatta forskning med synkrotronljus. Så fort NFR 1979 hade beslutat om denna utvidgning tog dessa två genast ansvar för planeringen av de första strålrören för synkrotronljusforskning. Både Anders Flodström och Per-Olof Nilsson ingick också som ledamöter i den nationella styrelsen för MAX-lab som skapades 1981.



Fig 40 Anders Flodström (1986), docent vid MAX-lab 1981–85. Foto: NFRs bildarkiv.

Anders Flodström knöt till sig flera doktorander och byggde upp en synkrotronljus-forskargrupp i Lund. När han 1985 utnämndes till professor vid KTH i materialvetenskap, icke metalliska material, fanns det en väletablerad forskargrupp och sju strålrör var under konstruktion eller planering.^{96, 97} Den ledigförklarade docenttjänsten i synkrotronljusfysik tilldelades Ralf Nyholm.

Tillsammans med Mikael Eriksson började Anders Flodström tidigt (1985) skissera hur MAX II skulle se ut, och dessa skisser ledde till utarbetade planer och ansökan 1989. Vid denna tidpunkt hade han viktiga funktioner inom NFR och PUF och kunde med sin eminenta forskningspolitiska förmåga lotsa MAX II-projektet genom NFRs fyra programutskott och tillsammans med Carl Nordling som nu var huvudsekreterare i NFR utarbeta ett genomtänkt förslag till regeringen. Detta skall beskrivas utförligare om ett tag.

Per-Olof Nilssons insatser för MAX-lab är av den art att de knappast kan skattas högt nog. Han påbörjade de första synkrotronljusexperimenten vid LUSY i mitten på 70-talet och tog flera steg för att skapa en svensk synkrotronljuskälla innan han tillsammans med Anders Flodström ansökte hos NFR om att utöka MAX-projektets målsättning.

Det blev Per-Olof Nilsson som gjorde MAX-lab känt, inte minst bland unga fysiker i Norden, och skapade ett brett användarsamhälle. Alltsedan

⁹⁶ När Anders Flodström lämnade sin docenttjänst vid MAX bestod synkrotronljusgruppen i Lund av följande personer :

Anders Flodström, prof., koordinator, synkrotronljus-forskning.

Kurt Hansen, 1:e forskningsing. (NFR), ansvarar för den tekniska delen av strålrörsupbyggnaden.

Kjell Magnusson, doktorand (NFR), forskar på II-VI halvledare, delansvarig i elektron-spektroskopiröret 41.

Mats Nilsson, forskningsing. (NFR), gemensam dataing. för synkrotronljus och kärnfotoexperiment (halvtid).

Stefan Wiklund, doktorand (LU), forskar på MBE-växta II-VI halvledare, spektrometeransvarig vid strålrör 41.

Ralf Nyholm, forskare (NFR), ansvarar för upbyggnaden av ESCA strålröret (halvtid).

Christer Larsson, doktorand (STU/NFR), forskar på reaktioner på Si och Ge halvledare.

⁹⁷ Konstruerade eller planerade strålrör oktober 1985:

22 ESCA strålrör, under upphandling hos Zeiss. C Nordling ansvarig.

31 undulatorstrålrör, under konstruktion i samarbete med VTT (Finland).

32 tidsupplöst strålrör, strålrörsupbyggnaden pågår för fullt. R Rigler ansvarig.

41 elektron-spektroskopi, strålröret och experimentutrustning fungerar.

51 supraleddande wiggler, på planeringsstadiet. FRN-ansökan förbereds.

52 atomspektroskopistrålrör. Strålrörsupbyggnad pågår för fullt. I Martinsson, S-E Johansson ansvariga.

53 strålröret planeras att användas inom mikroskopi och mjukröntgen emissionsspektroskopi.

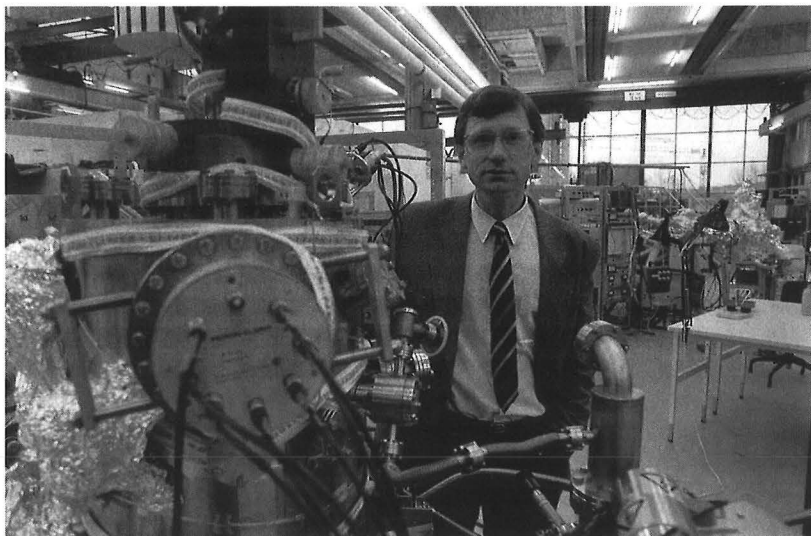


Fig 41 Per-Olof Nilsson (1987). Foto: Per Lindström.

1983 samlade han användarna i en användarförening, som formaliserades 1988 med stadgar och styrelse.

Föreningens medlemmar samlas allt sedan dess varje höst till välbesökta användardagar med ett vetenskapligt program och med en trivsamt samvaro. MAX-labs styrelse har genom föreningen fått en aktiv påtryckargrupp men också en medhjälpargrupp och föreningen har medfört att det etablerats goda kontakter mellan forskarna och MAX-labs styrelse. Per-Olof Nilsson har också 1982, 1988 och 1993 arrangerat nordiska sommarskolor i synkrotronljusforskning för yngre forskare. Dessa har varit mycket uppskattade och ytterligare bidragit till synkrotronljusforskningens expansion vid MAX-lab. Per-Olof Nilssons insatser för MAX II-projektet, skall belysas senare.

I och med att MAX-anläggningen började bli färdig, var det allt mer angeläget att organisera upp verksamheten vid laboratoriet. En betydelsefull konferens kring MAX-laboratoriets framtid hölls i början på oktober 1985, till vilken MAX-labs styrelse inbjöd representanter för departement, statliga myndigheter, forskningsråd, privata stiftelser och olika instanser inom Lunds universitet. Efter presentation av verksamheten vid laboratoriet, följde diskussion kring hur önskemålen från användarna skulle kunna tillfredsställas. Gensvaret från de olika myndigheterna var mycket gott, även om man naturligt önskade att MAX först snabbt måste komma igång och forskarna visa vad de kunde åstadkomma innan nya pengar kunde ställas i utsikt.

En fråga som angeläget fördes fram var önskemålet om en professur i synkrotronljusforskning. Ärendet hade redan något år tidigare initierats av MNF. Nu fick ärendet en ordentlig skjuts och med hög prioritet skrevs denna önskan in i LUs anslagsframställning våren 1986, och tjänsten inrättades fr o m i juli 1988. I ett yttrandet i februari 1986 till universitetsstyrelsen från styrelsen för tekniska och naturvetenskapliga högskolan (MNF+LTH) står det:⁹⁸

Den s k Max-acceleratorn har nu kommit in i ett skede där anläggningen levererar synkrotronljus. Konstruktionsfasen för anläggningen kan därför sägas i stort vara avslutad och den forskning som skall utnyttja synkrotronljuset skall nu inledas. De områden som kommer att bli aktuella spänner över en rad olika forskningsfält inom såväl teknisk som naturvetenskaplig fakultet såväl i Lund som på andra håll i landet. Det är emellertid angeläget att också en kontinuerligt verksam grupp inom en del av fysikområdet kan knytas till anläggningen och att denna kan ledas av en professur.

Uppbyggnad av forskning inom kärnfotofysik vid MAX

Vi har redan berättat om LUSYs avveckling och om hur MAX-projektet var ett rent kärnfysikaliskt projekt under åren 1973–79. Samtidigt har vi sett att det var enbart den nakna MAX som var finansierad. En absolut nödvändig utrustning för det kärnfysikaliska programmet var ett taggingsystem. Det intrikata taggingsystemet beskrivs i fig. 20 (sid 75).

För att på plats lära sig allt om taggningstekniken vistades Kurt Lindgren ett gästforskarår vid University of Illinois, Urbana. Vi har också berättat om att K&AW finansierade taggingsystemet med den snabba elektroniken och att stiftelsen tillsammans med FRN finansierade datoranläggningen.

Under drygt 10 år hade kärnfotogruppen inte en hemmaaccelerator. Forskningen fick ske som resefysik vid i första hand acceleratoren i Bates, MIT, USA. Docenterna och forskarhandledarna Jan-Olof Adler och Bent Schröder kombinerade reseforskningen med ett synnerligen aktivt och förtjänstfullt arbete att bygga upp ett kärnfysikprogram kring MAX.

Samtidigt engagerade kärnfotogruppen sig starkt i MAX-projektet. Vi har

⁹⁸ Skrivelsen är daterad 860213 och undertecknad av Ove Pettersson och Lars Olof Nilsson.

sett hur ett flertal av kärnfotogruppens medlemmar gick över till själva driftgruppen för MAX.⁹⁹

Då mina arbetsuppgifter kring MAX-lab ökade övertog Bent Schröder allt mer forskningsplaneringen av kärnfysikprogrammet. Under våren 1980 ledigförklarades en docenttjänst i kärnfysik särskilt kärnfotoreaktioner vid LU. Tjänsten lockade 5 sökande och professorn i kärnkemi vid Oslo Universitet, Alexis Pappas, utsågs som sakkunnig. Han satte Bent Schröder främst bland de sökande med bl a följande motivering:

Med sine arbeider har Bent Schröder åpnet nye og høyst interessante perspektiver samt oppnådd resultater av varig verdi innenfor kjernereaksjonsstudier, fortrinnsvis fisjon og fisjonslignende prosesser. Hans arbeider vitner om ingående kjennskap til moderne kjernfysiske metoder samtidig som han meget godt behersker den teoretiske bakgrunn som er nødvendig for en dyptgående tolkning av de eksperimentelle observasjoner.

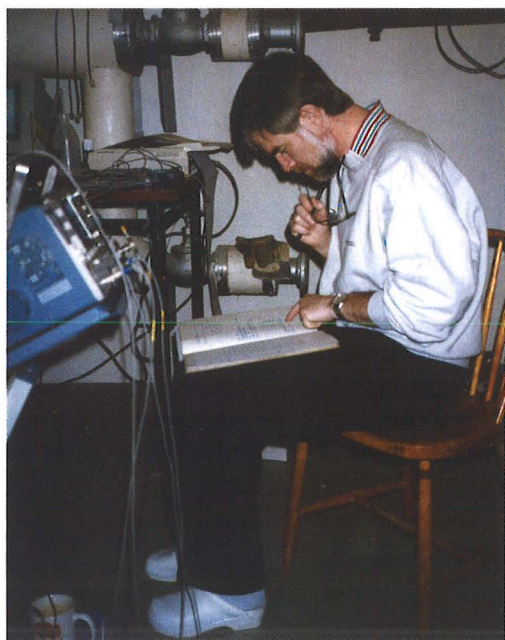


Fig 42 Bent Schröder (1992), koordinator för kärnfotoprogrammet vid MAX-lab fram till 1998.

⁹⁹ Mikael Eriksson tillhörde från början kärnfotogruppen. Kurt Hansen, Lars-Johan Lindgren, Dahn Nilsson, Mats Nilsson och Werner Stiefler disputerade alla inom kärnfotofysik. Numera har Magnus Lundin från kärnfotogruppen efterträtt Dahn Nilsson.

Det var dock svårt att rekrytera nya medlemmar till kärnfotogruppen under den här perioden och i takt med att de gamla doktoranderna blev klara med sina doktorsexamina reducerades gruppen från att ha haft över tjugo medlemmar till att knappt ha tio.¹⁰⁰ En väg som vi prövade var att få skånsk industri att finansiera stipendier för forskarstuderande. Tanken var att den nyblivne doktoranden skulle slippa skuldsätta sig ytterligare när han påbörjade sina forskarstudier. De skulle därför erbjudas ett stipendium som svarade mot det ordinarie studiemedelsbeloppet. Eftersom industrin kunde bli skattebefriad från sådana stipendier var idén intressant. I slutet på 70-talet och i början på 80-talet kunde vi utlysa två sådana stipendier; Gambros Gamma-stipendium med Kurt Hansen som stipendiat och Tetra Paks Thäta-stipendium med Rolf Petersson som stipendiat.

Som säkert framgått av skildringen var det full aktivitet på alla håll kring MAX-projektet under uppbyggnadsperioden. Ändå förekom det ytterligare aktiviteter som ännu inte berörts. Planerna på ett Stor-MAX började ta allt mera form. Nu skall vi skildra invigningen av MAX-lab.

Invigning av MAX-lab 1987

Två år efter inflyttningen i M-hallen kunde driftgruppen lagra de första elektronerna i lagringsringen. Synkrotronljus kunde för första gången observeras vid laboratoriet.

På svarta tavlan i labbet stod det under många år utan att suddas ut:

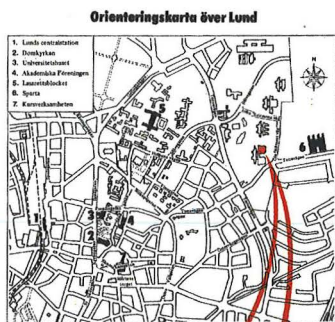
*Maskinen gick
runt runt runt
runt runt runt
27/3 1985*

Mycket justerings- och kompletteringsarbete krävdes dock innan man hade en färdig synkrotronluskälla. Installationen av sextupolmagneterna hade en dramatisk effekt på ringens förmåga att lagra elektroner, och under hösten 1986 kunde de första experimenten med synkrotronljus startas. Arbetet med att pulssträcka elektronstrålen pågick samtidigt och i mitten på januari 1987 kunde driftgruppen redovisa utmärkta 50% dutyfaktor (dvs elektronpulsen

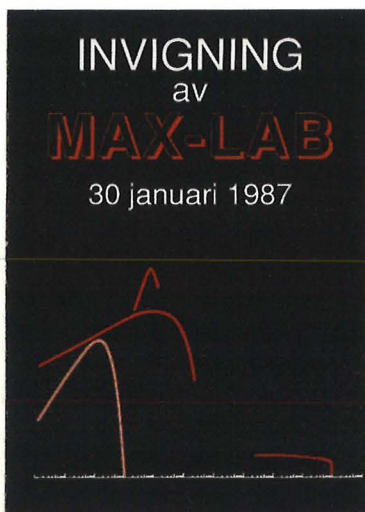
¹⁰⁰ Förutom seniorforskarna Adler, Blomqvist, Forkman och Schröder fanns 1986 följande forskarstuderande i gruppen: Knut Hansen, Lennart Isaksson, Dahn Nilsson, Rolf Petersson, Anders Sandell och Konstantinos Ziakas.

som när den lämnar mikrotronen har ca 1 μ s utsträckning hade sträckts till 1 ms). Maskinens förväntade prestanda började bli infriade och det var hög tid för invigning av laboratoriet som skedde den 30 januari 1987.

Under avspända former invigdes MAX-lab. Själva ceremonin bestod i att den svenska flaggan hissades, som inför utdelandet av en guldmedalj, för att



MAX-LAB
Ole Römers väg 1



**Rektorsämbetet
vid
LUNDS UNIVERSITET**

har äran att inbjuda till invigning av

MAX-LAB

nationellt elektronaccelerator laboratorium för forskning medelst synkrotronljus och energirika elektroner

fredagen den 30 januari 1987, kl 13.30

Plats: MAX-lab, Ole Römers väg 1



O s a före torsdagen den 27 januari 1987
Adress: MAX-lab, Box 118, 221 00 LUND

Omslagsbilden: brijansen från solen – rosa,
brijansen från MAX-acceleratorn – röd

PROGRAM

Välkomsttal
av Lunds universitets rektor *Håkan Westling*

Prolog
av MAX-labs föreståndare *Bengt Forkman*:
"Dröm och verklighet"

Invigningstal

av K & A Wallenbergs stiftelses verkställande ledamot
Gunnar Hoppe:
"Wallenbergstiftelsens stöd till svensk forskning"

av NFRs huvudsekreterare *Ingvar Lindqvist*:
"MAX i NFRs perspektiv"

av professor *Ole Wernholm*, KTH:
"Hur det hela började"

Epilog
av professor i acceleratorfysik vid MAX-lab *Mikael Eriksson*:
"Hur man gör MAX-ar"

Invigning av MAX-lab

Öppet hus på MAX-lab: 14.30 – 16.30

Musik: *Alte Kameraden*

Fig 43 Inbjudningskortet till MAX-labs invigning 870130.

apellera till att laboratoriet var en nationell forskningsanläggning. Därefter sjöngs unisont Sveriges flagga av K G Ossiannilsson tonsatt av Hugo Alfvén. *Flamma stolt mot dunkla skyar likt en glimt av sommarens sol* är ju en lämplig inledning när man inviger en ny ljuskälla. Vid invigningen presenterades Ola Billgrens mäktiga tavla *Romantiskt landskap*. I ett särskilt kapitel skall vi redogöra för den konstnärliga utsmyckningen på MAX.

Vi var mycket glada och hedrade av att Gunnar Hoppe, Ingvar Lindqvist och Olle Wernholm accepterade att invigningstala. Gunnar Hoppe började med inledningsorden:¹⁰¹

Under loppet av ett årtionde har MAX-laboratoriet fått ca 6 Mkr från Knut & Alice Wallenbergs Stiftelse. I dagens penningvärde svarar det mot nära 8 Mkr. Vi har – skall det erkännas – haft att göra med värre blodsugare. Stiftelsens bidrag till laboratoriet stannar kanske vid något sådant som 15% av de totala investeringskostnaderna för MAX. Trots den relativa blygsamheten i våra bidrag kan de dock kasta en hel del ljus över vårt sätt att verka. Jag ger några punkter: Vi vill gärna med våra anslag befinna oss vid *forskningens frontlinje*.

Nästan allra viktigast: Vi föredrar att lämna anslag till energiska och drivande, framstående, ja helst lysande och briljanta forskare. (Jag överlåter åt Bengt Forkman och hans medarbetare att själva förse sig med det eller de adjektiv, som de finner mest adekvata.)

När det är angeläget kan vi vara mycket skyndsamma och vi går gärna in och löser upp kritiska situationer. Vi tycker oss förstå att, även vad jag nu tar mig friheten kalla MAX-gänget, ibland kan ha sett oss sådana. Vi har i vår ägo ett foto av gänget samlat runt en stor gräddtårta med påskriften i rött: Leve Wallenberg! (På i förhållande till Lund nordliga utmarker brukar man i liknande situationer dricka champagne.)

Vidare: Vi försöker vara trofasta mot våra vänner. Från vårt första anslag till MAX i december 1976 har vi gett sammanlagt 8 bidrag, det senaste i föl. Vi tycker oss visa fördragsamhet med senareläggningar och förståelse med kostnadsfördringar. Vi är ibland mera pragmatiskt lagda än principiellt strikta.

Särskilt i fråga om mycket stora anslag etablerar vi gärna samarbete med andra anslagsgivare. Vi gör det även för att vi därmed känner oss få stöd vid ofta svåra ställningstaganden. Slutligen utgör anslaget till MAX en av många bekräftelser på att acceleratorer utgör ett av oss prioriterat objekt.

¹⁰¹ Gunnar Hoppe: "Wallenbergstiftelsens stöd till svensk forskning", opublicerat, 1987.



Fig 44 Vännerna Ingvar Lindqvist och Gunnar Hoppe diskuterar på MAX-lab efter själva invigningen (1987). Foto: Hagbloms Foto AB.

Olle Wernholms invigningstal är minst lika intressant:¹⁰²

Det är kanske numera inte är så många som vet att det är Hannes Alfvén som är mest skyldig till att elektronacceleratorverksamheten blomstrar i det här landet. Redan under den tid han var amanuens vid Nobelinstitutet för fysik i Frascati – det var de sista åren på trettioalet – gjorde han experiment för att se om det gick att utnyttja elektromagnetisk induktion för att accelerera elektroner.

Alfvén utnämndes till professor i teoretisk elektroteknik med mätteknik vid KTH 1940 och jag tillhörde hans första omgång elever. I början av 1944 när jag var nyanställd som assistent på hans institution kom han en dag och visade en artikel i ett några år gammalt nummer av *Physical Review* som letat sig in i det avspärrade Sverige. I artikeln beskrevs den första fungerande induktionsacceleratorn som upphovsmannen, amerikanen Kerst, döpte till betatron, dvs en apparat som levererar beta- eller elektronstrålar. Hannes blev naturligtvis piggt på att ta upp sina gamla idéer och på våren samma år började vi samla komponenter till en betatron.

Det fanns på den tiden inte något forskningsråd vi kunde vända oss till för bidrag till acceleratorutveckling, men vi hade på institutionen ett årligt anslag som hette ”samlingar och laborationer” (kallat SOL) och det fick betala det vi behövde köpa.

Betatronen är i princip en transformator vars sekundärlindning ersättes av

¹⁰² Olle Wernholm: ”Hur det hela började – en historisk betraktelse”, opublicerat, 1987.

en elektronström i ett evakuerat glaströr. Något förenklat! Transformatorns primärlindning alstrar ett magnetfält som både styr och sätter fart på elektronerna. Primären arrangerade vi med fem separata spolar och från granninstitutionen lånade vi en generator som skulle ge ström till spolarna.

Generatoren var en maskin som i vanliga fall användes av järnverken för att smälta järn. Vi använde en dammsugare till att kyla spolpaketet och vid ett par tillfällen hände det att den strejkade och då smälte följdriktigt delar av spolarna. Accelerationsröret fick vi tillverkat i glashyttan på Skansen. Det var ett mycket vackert rör för hyttan var specialiserad på den sortens gröna, krackelerade prydadsglas som innehåller en massa små glasblåsor. Det behövdes en del andra apparater också t ex en elektronkälla i vakuumröret, elektronik m m men dessa saker lyckades vi också skrapa ihop.

Det var en mycket primitiv accelerator som stod provningsfärdig någon gång under vintern 1945. Den visade sig emellertid kunna accelerera elektroner till något mer än 2 miljoner volt i en elektronbana med 13 cm diameter och man kan nog säga att den enkla maskinen var embryot till MAX. Strålningsintensiteten från betatronen var låg – vi kunde stå runt den när den var igång – men framgången med denna enkla maskin var uppmuntrande i sådan grad att vi från något håll fick 8000 kr för att köpa en riktig brandsäker betatronmagnet från ASEA.

Invigningsdagen var naturligtvis en stor dag för alla inblandade i MAX-lab och då särskilt för driftgruppen. På kvällen hölls en festmiddag i acceleratorhallen, där det var dukat för 190 personer och där det även fanns ett särskilt ungdomsbord för MAX-personalens barn och ungdomar. Menyn bestod av: Förrätt: Laxpaté med kall örtsås, smör och kuvertbröd. Huvudrätt: Stekt kalon med gräddsås, pressgurka och gelé. Dessert: Hjortronparfait med vispgrädde. Viner: Vitt vin till förrätt och huvudrätt: Chateau Courgea, Dessert: Portvin Delaforce.

Festtalet hölls av Sten von Friesen, som byggde den första acceleratoren i Sverige 1938–9. Hela dagen blev mycket lyckad men tyvärr blev det snöstorm på eftermiddagen och kvällen vilket medförde att många gäster utanför Lund uteblev. Som minne av dagen fick personalen, de till MAX närmast knutna forskarna och företrädare för administration och finansärer var sin tennljusstake med ingravering: EXE NN, MAX 87, där NN ersattes med personens eller organisationens initialer. Dansbandet Nisses Stuga underhöll under maten och spelade vid dansen.

MAX gynnare

Ekonomi

Vad kostar det att bygga en synkrotronljuskälla och att driva den? Det kan vara av intresse att ur ett ekonomiskt perspektiv diskutera uppbyggnadsperioden 82/83–88/89 eller från inflyttningen i MAX-hallen till något år efter invigningen av MAX-lab, när forskningsverksamheten var i full gång. Perioden ligger precis före starten av MAX II-projektet.

Den totala kostnaden under tidperioden för laboratoriet exklusive el- och lokalkostnader uppgick till 63 Mkr varav kostnaderna för drift och uppbyggnad av acceleratorn tog 44% och forskningens drift och uppbyggnad 56%. Under budgetåret 88/89 var den totala budgeten 12,8 Mkr. Av dessa tog driften och materiel-

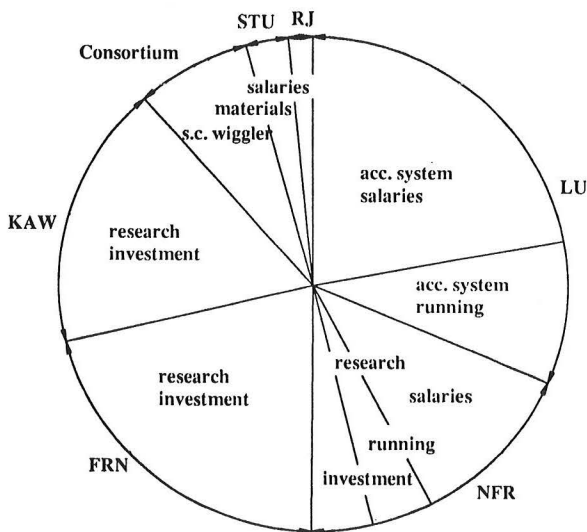


Diagram 4 Fördelningen av medel till MAX-lab på 88/89 (12,8 Mkr).

en till maskinen 22% (eller 2,8 Mkr) och forskningen resten. Senare kommer vi att jämföra dessa siffror med vad MAX-lab kostade i drift år 2000.¹⁰³

Ur diagram 4 framgår tydligt att år 1988 täckte statliga medel över LU ungefär en tredjedel av årskostnaden för MAX-lab och att NFR (Naturvetenskapliga forskningsrådet) och FRN (Forskningsrådsnämnden) bidrog med ungefär vars lika stora delar som tillsammans gav den andra tredjedelen. I detta kapitel skall vi beröra hur FRN fick ansvar för big science-medel. I ett senare kapitel diskuterar vi FRNs och NFRs insatser för MAX-lab under 90-talet.

Först skall vi nu närmre diskutera på vilka sätt K&AW, RJ och STU/TFR har stött MAX-lab. Sist i kapitlet berör vi SSFs stöd till MAX-lab.

Knut och Alice Wallenbergs stiftelse – K&AW

K&AW har haft en stor betydelse för fysikens utveckling i Sverige ända sedan 1920-talet. Vi har redan berört betydelsen för Nobelinstitutet eller Institutet för atomfysik, AFI, som skapades av Manne Siegbahn.

Detta institut, nu benämnt Manne Siegbahn-institutet, MSI, har blivit normgivande för våra fyra nationella forskningsanläggningar. Dess historia och inte minst dess tillkomst har skildrats av många. Belysande är följande uppsatser av Elisabeth Crawford *The Benefits of the Nobel Prizes*, av Robert Marc Friedman *The Nobel Prizes and the Invigoration of Swedish Science: Some considerations*, kommentarerna till den senare uppsatsen av Aant Elzinga och uppsatsen *Manne Siegbahn* av Olle Edqvist.^{104, 105, 106, 107}

För att lyckas skapa ett forskningsinstitut behövde Siegbahn en fond på 3 Mkr, vilket var omöjligt att uppnå inom Vetenskapsakademien. Siegbahn sökte därför 1930 personligen upp Knut Wallenberg för att anhålla om en grundplåt till institutet. Denne var intresserad och lovade att återkomma. Det gjorde han knappt 14 dagar senare den 4 juni och utlovade att K&AW skulle bidra med högst halva beloppet under förutsättning att resten erhöles från annat håll. Siegbahn sökte då medel från Rockefellerstiftelsen men fick avslag.

Trettiotal depressionen bröt ut och omöjliggjorde fortsatta förhandlingar. Nobelpriset i fysik delades inte ut 1931 och 1934 utan reserverades för det planerade forskningsinstitutet, och när förhandlingarna åter togs upp 1934 kunde

¹⁰³ Se under rubrik *Organisationen vid MAX-lab* sid 210.

¹⁰⁴ Tore Frängsmyr (ed) *Science in Sweden, The Royal Swedish Academy of Sciences 1739-1989* Science History Publications / USA, 1989, p 227–248.

¹⁰⁵ Tore Frängsmyr (ed.) *Solomon's House Revisited, the Organization and Institutionalization of Science* Nobel Symposium 75, Science History Publications / USA, 1990, p 193–207.

¹⁰⁶ Ibid p 233–242.

¹⁰⁷ *Fysikhistoria* Kosmos 1987, utgiven av Svenska fysikersamfundet, band 64, Almqvist & Wiksell, Stockholm.

Siegbahn redovisa att Vetenskapsakademin var beredd att ur Nobelstiftelsens fonder bidra med 800 kkr till byggnader och utrustning. K&AW stod fast vid sitt tidigare löfte under förutsättning att staten bidrog med en personlig professur till Manne Siegbahn, som föreståndare för institutet, och med institutets driftkostnader. Nobelinstitutet hade aldrig kommit till utan anslaget från K&AW. Det var Knut Wallenbergs förtroende för Manne Siegbahn som blev nyckeln som öppnade för Nobelstiftelsens och statens fulla stöd.

Drygt 10 år senare, samtidigt med krigsslutet, medverkade K&AW till en vidareutveckling av Nobelinstitutet genom att anslå medel till en mycket större cyklotron än den befintliga. Senare skall vi se hur K&AW genom att stödja CRYRING skapade förutsättningar för ett nytt forskningsprogram vid nuvarande MSI.

Eftersom K&AW delar ut stora belopp varje år har stiftelsen ofta blivit forskningsstyrande. Samtidigt har det varit en självklar policy att inte ge anslag som binder upp andra finansärer ekonomiskt utan deras egen vilja.

I denna redogörelse har vi sett hur K&AWs stöd 1972 hade avgörande betydelse för anskaffandet av nya Pelletronacceleratorn vid Fysikum i Lund. Samma sak gällde Onsalaobservatoriets nödvändiga vidareutveckling 1973, där en förhandling mellan NFR, K&AW och CTH ledde till att det stora 20 m-teleskopet kunde förverkligas. Redan vid LUSY-acceleratorn hade K&AW anslagit pengar till en synkrotronljusutrustning. Helt avgörande för att MAX-projektet kunde komma till stånd var att K&AW 1976 snabbt gick in i projektet som finansär efter det AFR anslagit medel till drygt halva kostnaden med villkor att ledningsgruppen för MAX inom ett år fann ytterligare finansärer. K&AWs beslut drog i sin tur med sig stöd från RJ och LU.

K&AW stödde MAX-projektet två gånger under tidigt 80-tal. Båda besluten är värda stor respekt. Det första var stödet 1980 till nödvändig basutrustning för kärnfotogruppen vid MAX. Det skedde i ett läge då kärnfysikprogrammet höll på att fasas ut av forskningspolitiker. Det andra stödet 1982 gällde en ny dator till MAX på grund av flytten till M-huset. Det senare skedde trots att stiftelsen kort tidigare stött Fysikum med en datoranläggning, som till stor del var motiverad av MAX-projektet. Beslutet om det senare stödet kom i början på oktober 1982 endast en dryg månad efter den inlämnade ansökan.¹⁰⁸ Båda dessa fall var av katastrofkaraktär. Det långsiktiga stödet,

¹⁰⁸ I mitten av september 1982 besökte jag Gunnar Hoppe på K&AW för att diskutera ansökan. K&AW har sitt kansli i SEBs huvudkontor. Aldrig glömmar jag den resan. Marcus Wallenberg hade avlidit ett par dagar tidigare. Jag bestämde mig därför att ta på mig min svarta finkostym och ha vit tröja. Tåget gick från Lund mycket tidigt på morgonen, men innan dess ville jag ta mig en hastig inspektionstur i MAX-labs nya lokaler. Man höll just på med att göra vid källarvåningen under hallen. Källargolvet skulle finslipas och ytbehandlas för

som K&AW under hela 80-talet givit till basutrustning för synkrotronljus användarna, kärnfysikanvändarna och till uppgradering av acceleratoranläggningen, har inneburit att forskningsverksamhet kunde starta samtidigt som acceleratoranläggningen stod klar och har utan tvekan medfört stora framgångar för laboratoriet. Totalt anslag K&AW under 80-talet drygt 10 Mkr till MAX-lab och dess användare.

Inför K&AWs 75-årsjubileum utkom 1993 skriften *Till landets gagn*, där K&AWs stora verksamhetsfält skildras. Förutom historiken och den ekonomiska redogörelsen är Gunnar Hoppes skildringar av stiftelsens administration och anslagsbeviljande verksamhet av största intresse.¹⁰⁹ Gunnar Hoppes breda förankring i universitetsvärlden, hans stora kontaktytor och hans vidsynthet gjorde honom synnerligen lämplig till att som stiftelsens verkställande ledamot överta uppdraget efter stiftelsens direktör Oscar af Ugglas. Gunnar Hoppe gjordes omfattande resor till landets universitet och högskolor och hade nära diskussioner med FRN och forskningsråden speciellt vad gällde big science-ramen. Tack vare dessa kontakter och en gynnsam penningutveckling har K&AW kunnat fortsätta att vara drivande i forskningsutvecklingen. Detta gäller speciellt inom fysikområdet som ofta kräver dyrbar utrustning.

Så har de fyra nationella forskningsanläggningarna TSL vid UU, MSI vid SU, OSO vid CTH och MAX vid LU under hela 80-talet och 90-talet fått stöd från K&AW. Stödet har varit avgörande för uppbyggnaden av experimentutrustning vid CELSIUS-ringen i Uppsala, för uppbyggnaden av CRYRING i Stockholm samt MAX I och MAX II i Lund. Därmed har de fyra laboratorierna kunnat utvecklas till nationella forskningsanläggningar.

I sitt invigningstal vid MAX-lab 1987 nämnde Gunnar Hoppe även:

Stiftelsen måste utan falsk blygsamhet konstateras i vårt land stå i särklass

att ge ett jämnt och tåligt golv. Dagen innan hade golvet vattnats för att inte torka för snabbt. Säkert vet ni hur halt ett sådant golv kan vara och plötsligt halkade jag och gled på ena sidan ett bra stycke. Långsamt som ett foto som träder fram i framkallningsbadet förvandlades jag till en Harlekin med en vit och en svart sida, när cementen torkade på min kostym. Nu var goda råd dyra. Som tur var hade jag en klädesborste på mitt arbetsrum och den fick jag tag i innan jag måste rusa till tåget. Under sex timmar mellan Lund och Stockholm stod jag på tåget och ömsom blötte bort cement och ömsom borstade mig. Det gick någotsånär även om cement är ihärdigt svårt att få bort. Väl framme vid huvudkontoret insåg jag hur klokt det var att jag klätt mig i svart. Det var en märklig syn att se hur all personal på kontoret och också på K&AWs kansli var sorgklädda.

¹⁰⁹ Gunnar Hoppe, professor i naturgeografi, SU, rektor vid SU 1974–78 och verkställande ledamot i K&AW 1981–1991. Hedersdoktor vid LU 1988 på förslag från MAX-labs styrelse.

bland de privata vetenskapliga stiftelserna. Vi är t ex 5 gånger så stora som Nobelstiftelsen, utan all jämförelse i övrigt.

Även vid en internationell jämförelse står sig Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse gott. I Europa är det egentligen bara Volkswagen-stiftung som är åtskilligt, ett par tre gånger större än vi. Den välkända Carlsbergfonden delar inte ut mer än ungefär en femtedel av vad vi gör. Sett efter kapitalets storlek skulle vi hamna på 8–9 plats i en amerikansk 20-i topplista. Ford-stiftelsen är något som 4 ggr större, men vi är nästan i kapp Rockefeller-stiftelsen. De japanska stiftelserna, ofta grundade av de stora bilföretagen, Toyota, Honda, Mitsubishi etc är ganska små; Toyota som är den största, delar ut något sådant som en femtedel av vad vi delar ut.

Dessa siffror kan mycket väl ha ändrats under de mer än tio år som gått sedan uttalandet gjordes, men de ger ändå en god bild av K&AWs storlek. Stiftelsen delade 1999 ut ca 740 Mkr, varav merparten gick till universitet och högskolor. Detta belopp är större än de 250 Mkr, som RJ delade ut 1998 till forskning men mindre än de medel som Stiftelsen för strategisk forskning delar ut. För närvarande delar SSF ut ca 1000 Mkr/år, men detta belopp skall minskas till ca 800 Mkr under en femårsperiod. Som jämförelse kan nämnas att NFR 1998 delade ut ca 670 Mkr och att FRN samma år delade ut till forskning och till dyrbar vetenskaplig utrustning ca 170 Mkr.

Sedan Gunnar Hoppe 1991 lämnade uppdraget som verkställande ledamot har det tagits över av Jan Nilsson.¹¹⁰ Stiftelsen har fortsatt sin strategi under 90-talet och bl a lämnat stora anslag till forskningsutrustning vid MAX II. Under 90-talet bidrog K&AW med i det närmaste 75 Mkr för uppbyggnad av experimentell utrustning för synkrotronljusforskning. De största bidragen gick till insättningselement i MAX II-ringen och till kristallografisk experimentstation med Anders Liljas, professor i molekylär biofysik i Lund, som ansvarig.

Riksbankens Jubileumsfond – RJ

Anslagsprofilen hos Riksbankens Jubileumsfond är inte lika glamorös som K&AWs. RJ ger normalt inte bidrag till spännande utrustning och bygger inte hus. I stället går merparten till löner och arvoden. RJ är en stiftelse som har till uppgift att främja och understödja vetenskaplig forskning. Fonden bildades år 1962 som en donation från Sveriges riksbank för att uppmärksamma bankens 300-årsjubileum 1968. Företräde ges åt forskningsområden vilkas medelsbe-

¹¹⁰ Jan Nilsson, professor i matematisk fysik, CTH, rektor vid GU 1983–92 och verkställande ledamot i K&AW sedan 1992.

hov inte är så väl tillgodosedda på annat sätt. De första anslagen delades ut 1965. Under sin första verksamhetsperiod hade RJ fem beredningsgrupper varav grupp 4 handlade ansökningar från ämnesområdena medicin, naturvetenskap och teknik. Tillsammans fick dessa ämnesområden i genomsnitt 22% av anslagen under perioden 1965–1980.

När MAX-projektet finansierades 76/77 bidrog RJ med ett löneanslag på 600 kkr fördelat på fyra år. Anslaget var nödvändigt. Det gällde ju för MAX-projektets styrgrupp att inom ett år efter NFRs tillstyrkan redovisa att resterande medel till projektet var täckta. RJ var till en början tveksam inför ansökan, men K&AWs snabba ställningstagande drog RJ med sig. Tvekan hos RJ berodde på att man var restriktiv inför ansökningar till beredningsgrupp 4 men till detta kom de under dessa år starka kostnadsökningarna på lönesidan jämte höjda sociala avgifter och förvaltningskostnader. Knappt 20% av utdelade medel under 1977 gick till nya projekt. Främmande var RJ dock inte för att stödja acceleratorbaserad forskning. Redan 1966 hade Guy von Dardel fått medel för basutrustning till LUSY och 1972 fick Helge Tyrén medel till GWI.

I beredningsgruppen satt Kai Siegbahn och Bengt Rånby.¹¹¹ I gruppens genomtänkta och positiva yttrande över MAX-ansökan stod det:¹¹²

Den fysikaliska kunskap som kan erhållas är av avgörande betydelse för förståelsen av kärnans vibrationsegenskaper och energitillstånd. Liksom varje elastisk kropp kan atomkärnan bringas att självsvänga. Dessa resonanser bestäms av kärnans materialkonstanter och kärnkrafternas egenskaper. Forskningen bör därför leda till djupa kunskaper om kärnans fundamentala egenskaper.

Anslaget började att betalas ut under bå 77/78. När MAX-projektet 1979 utvidgades till att även innefatta synkrotronljus förlängde RJ sitt kontrakt med laboratoriet fram t o m bå 84/85. I allt uppgick RJs stöd till 1630 kkr. Anslagen från RJ möjliggjorde att stor kompetens räddades kvar inom projektet. Det räddade också kärnfysikprogrammet vid MAX eftersom kärnfysiker kunde avlönas över anslaget.

Under 90-talet upphörde anslagen till ämnesområdena medicin, naturvetenskap och teknik. Vid årsskiftet 93/94 utökades donationen till RJ med 1500 Mkr till förmån för kulturvetenskaplig forskning. I och med detta kraftiga tillskott är de medel som RJ idag anslår i paritet med de belopp som de närliggande statliga forskningsråden gemensamt kan fördela till svenska forskare.

¹¹¹ Bengt Rånby, professor i polymer teknologi vid KTH, elev till The Svedberg.

¹¹² RJs årsredovisning för 1977.

Styrelsen för teknisk utveckling/Teknikvetenskapliga forskningsrådet – STU/TFR

När NFR under 1979 beslöt att garantera hälften eller 300 kkr för utökningen av MAX-projektet mot synkrotronljus ställde sig STU positiv och garanterade omedelbart 100 kkr. STU fortsatte sitt stöd i början på 80-talet med ytterligare 260 kkr till maskingruppen. Förutom detta stöd visade STU starkt engagemang i att utveckla ett tekniskt strålrör vid MAX för röntgenlitografi och röntgenmikroskopi. Tyvärr var inte svensk industri under sent 80-tal mogen att utnyttja en så modern ljuskälla och intresset var lågt. STU följde utvecklingen och över avdelningsdirektör Göran Friborg hade vi ett starkt stöd från STU inte minst i FINDU-sammanhang (se nästa delkapitel).

År 1990 delades STU i två delar NUTEK (Närings- och teknikutvecklingsverket) och TFR (Teknikvetenskapliga forskningsrådet). TFR fick samma status som de andra statliga forskningsråden. Som förste huvudsekreterare utnämndes Anders Flodström.

TFRs uppgift är att stödja grundforskning inom teknikvetenskapens områden. Det gäller långsiktig forskning, det handlar inte om snabba lösningar.

Naturligtvis finns det starka beröringspunkter mellan TFR och MAX-lab. Sedan 1995 stöder TFR kraftfullt ett undulatorstrålrör för fabricering av nanostrukturer med röntgenlitografi, eftersom tiden nu är mogen, och också studiet av mesoskopiska molekyllära material.^{113, 114} Under de senaste 5 åren har det totala bidraget från TFR uppgått till 5 Mkr.

Sammanfattningsvis kan man säga att STU var med från början att bekosta MAX som synkrotronljuskälla och nu när MAX II har visat sin kapacitet fullföljer TFR stödet till teknisk utveckling vid laboratoriet.

Forskningsrådsnämnden (FRN) och big science 1977–87

Vi har sett att finansieringsfrågan av dyrbar vetenskaplig utrustning var olöst, då regeringen 1977 skapade en ny forskningsrådsorganisation. FRN fick i uppgift att utreda frågan ytterligare och tillsatte i februari 1978 en expertgrupp FINDU (finansiering av dyrbar utrustning) för detta ändamål med representanter för forskningsråden under utbildningsdepartementet samt för STU, UHÅ och UUH. Gruppen leddes av riksdagsman Arne Gadd, som blev ordförande i riksdagens finansutskott efter regeringsskiftet 1982, då socialdemokratin åter kom till makten. FINDU kom med en första rapport hösten

¹¹³ Röntgenlitografi, anslagsinnehavare: D Manchini och A Bogdanov.

¹¹⁴ Molekyllära material, anslagsinnehavare: S Svensson.

1978.¹¹⁵ I rapporten klargjordes att de statliga investeringarna i ny forskningsapparat under 70-talet hade sjunkit långt under 60-talets nivå. För att råda bot på detta diskuterades tänkbara lösningar.

Med stöd av rapporten föreslog FRN i sin anslagsframställning för bå 1979/80 att staten skulle anslå medel till ny utrustning för projekt som finansierades av forskningsråden. Förslaget ledde till att riksdagen för nämnda bå anvisade 15 Mkr för anskaffning av "dyrbar vetenskaplig utrustning" i form av en kostnadsram till FRNs disposition. Budgetåret därpå anvisades ytterligare 10 Mkr till samma ändamål till FRNs disposition och därefter ytterligare för bå 81/82 10 Mkr och för bå 82/83 12 Mkr eller totalt för detta budgetår 47 Mkr.

Det är att märka att detta var friska pengar och inga lån som skulle återbetalas med ränta. Arne Gadd hade med skicklighet lotsat igenom ett synnerligen angeläget behov men kanske tubbat på direktiven med den forskningsvänliga utbildningsministern Jan-Erik Wikströms goda minne. Detta var en seger inte minst för NFR, som aktivt agerat i ärendet.

I FINDUs slutrapport diskuterades bl a behovet av samordning och planering av satsningar på dyrbar vetenskaplig utrustning.¹¹⁶ Man föreslog att ett permanent planeringsorgan borde knytas till FRN med ungefär samma sammansättning som den i FINDU för handläggningen av dessa ärenden. I slutrapporten står det:

När det gäller astronomi och fysik hade en inom NFR genomförd analys visat att det krävdes 10–20 Mkr årligen under en tioårsperiod för att tillgodose aviserade behov inom dessa ämnesområden. Om sådana investeringar skulle kunna rymmas inom FRN-ramen måste ramen kraftigt ökas. Expertgruppen uttalade att även "big science"-utrustning, bör i framtiden principiellt rymmas inom kostnadsramen.

FINDU uppmanade FRN att inför bå 81/82 begära medel för mycket dyrbar utrustning så att kostnadsramen succesivt kunde närma sig den nivå där även mycket stora projekt kunde finansieras via kostnadsramen.

Så skedde och FRN fick gehör även för medel till *mycket* kostnadskrävande utrustning som t ex observatorier eller acceleratorer. Kostnadsramen för dyrbar utrustning 1983/84 blev 65 Mkr, varav 25% eller ca 16 Mkr avsågs k big science.¹¹⁷ Därmed påbörjades en synnerligen viktig epok i svensk forskning, inte minst för MAX-lab.

En annan viktig nyhet var att FRN fick möjlighet att träffa bindande be-

¹¹⁵ FRN Dnr 78/21:18.

¹¹⁶ FRN Dnr 80/1327:1.

¹¹⁷ FRN, Forskningsrådsnämnden 1981–83, erfarenheter och arbetsläge, Dnr 83/1002.

slut för 3 år framåt i tiden. Detta var särskilt betydelsefullt vid stöd till big science-projekt, där investeringarna i tung utrustning är så stora och komplicerade att de inte kan genomföras under ett enda år.

Vi har sett, att exklusive CERN-forskning halverades 1971 AFRs resurser för forskning, i samband med Sveriges beslut att delta i CERN II och också följt Gösta Funkes och Sven Johanssons argumenteringar. Nu slog pendeln tillbaka åt rätt håll och nya resurser tilldelades forskningen. Både Funke och Johansson fick rätt. Funke menade ju att inhemsk forskning på sikt skulle kompenseras för den internationella forskningssatsningen medan Johansson menade att svensk kärnfysik skulle drabbas allvarligt. De nya medlen gick i första hand till nya forskningsområden och kärnfysiken blev varaktigt lidande.

NFR upprättade 1983 ett förslag till prioriteringar av medel för big science under en femårsperiod. Förslaget ställdes till FINDU, som förde det vidare till FRN där den framlagda planen antogs som ett långsiktigt planeringsdokument.¹¹⁸ Planen skulle vara vägledande för fortsatta beslut. Fullföljandet av minimiprogrammet för GWI och MAX-projektet kunde betraktas som en självklar följd av tidigare fattade beslut.

CELSIUS-projektet (tidigare kallat ICE-ringen), som berörs i nästa kapitel, skulle vad gäller utrustningsdelen finansieras över FRN-ramen enligt riksdagens beslut.¹¹⁹ Detta beslut ledde till en diskussion inom FRN om vilka kostnader som skulle betraktas som investeringskostnader och vilka som borde betraktas som projektkostnader och driftkostnader. I diskussionen kom man till slutsatsen att byggnadsåtgärder finansieras i annan ordning och driftkostnader inte i något fall bör finansieras över FRN-ramen.

Tabell 5 är av intresse eftersom den visar vilka big science-projekt som var aktuella, när pengar började flyta in till mycket dyrbar utrustning. Det kan tyckas att MAX betraktades som lillebror i denna skara, men tabellen är inte helt rättvisande. MAX-lab var ju under uppbyggnad. NFR hade under åren 76/77–82/83 givit 5,5 Mkr till MAX-projektet som bidrag till den nakna MAX, till projektering av lagringsringen och till experimentutrustning för forskning med synkrotronljus och i kärnfysik. Till detta kom 1,3 Mkr som FRN under 81/82 och 82/83 givit till lagringsring, dator och forskningsutrustning. Summan av dessa anslag uppgick till 6,8 Mkr, varför summan fram t o m 87/88 av givet och planerat stöd till MAX från NFR och FRN uppgick till 10,2 Mkr.

Det framgår ur tabellen att man äntligen ser en lösning på GWI-situationen. Som en följd av diskussionen inom FRN om vad som skall betraktas som

¹¹⁸ FRN Dnr 83/418:2 Sammanträdesprotokoll 1983-06-08.

¹¹⁹ Budgetpropositionen 1983 sid 525.

Tabell 5 Planeringsdokument för big science 83/84 – 87/88 enligt FRN-beslut 1983 (Mkr). 1984 justerade FRN det planerade stödet till Celsius-projektet. Justeringarna är markerade med j.

Projekt	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	Sum.
GW						
fysikdelen av minimiprogrammet ¹⁾	2,1	0,2				
biologidelen av minimiprogrammet	0,8	1,1	0,5			
fas I	1,4	1,3	0,8			
jonkälla					5,0	13,2
MAX						
strålrör I ¹⁾	0,7	1,2				
strålrör II	0,5	0,3				
undulator			0,3	0,4		3,4
LEP (Delphi-experiment)	2,2	2,9	4,0	3,0	5,7	17,8
CELSIUS-projektet	6,0	6,5	9,3	9,0	6,6	37,4
		j 6,0	j 4,0	j 4,0		j 26,6
NOT (nordiskt optiskt teleskop)	0,6	2,6	3,1	2,6		8,9
Sub mm – teleskop (Swedish ESO Sub-mm telescope in Chile)	0,7	1,0				
		2,0	2,0	5,0	1,7	12,4
SUMMA Big Science:	15,0	19,1	20,0	20,0	19,0	93,1
		j 18,6	j 14,7	j 15,0		j 82,3

1) Tidigare än 1983 beviljade medel.

utrustningskostnader justerades året därpå den uppgjorda planen för big science-investeringar vad gällde CELSIUS-projektet till garanterade 6 Mkr, 4 Mkr och 4 Mkr för respektive budgetåren 84/85, 85/86 och 86/87. Vi skall senare beröra detta. Däremot saknas AFI på listan, ty det fanns vid denna tidpunkt ännu inga fasta planer på hur AFIs modernisering skulle förverkligas i och med att planerna på ett nationellt acceleratorcentrum för kärnfysik (NAC) spruckit.

Vid sitt sammanträde i juni 1983 diskuterade FRN balansen mellan mycket dyrbar och dyrbar utrustning. Eftersom big science-frågorna var av speciellt intresse för NFR fanns det en tendens att övrig naturvetenskaplig forskning relativt sett fick mindre del av FRN-ramen. Denna fråga var ständigt aktuell inom FRN. Några klara direktiv från regeringen förelåg ej utom inför budgetåret 83/84. Naturligtvis fanns det olika uppfattningar inom forskarsamhället, liksom det alltid har funnits mellan kostsamma och mindre kostsamma forskare. Det var ju denna meningsskillnad som skapade den intensiva diskussionen i början på 70-talet.

Stiftelsen för strategisk forskning – SSF

En stor men diffus stödjare för MAX-lab är Stiftelsen för strategisk forskning - SSF. Stiftelsen bildades 1994 med medel från de tidigare löntagarfonderna och skall enligt sin stadga främja utvecklingen av starka forskarmiljöer av högsta internationella klass med betydelse för Sveriges framtida konkurrenskraft. Stiftelskapitalet var vid bildandet 6 000 Mkr och uppgick i början på år 2000 till knappt 12 000 Mkr. Som nämnts är SSF den största svenska ickestatliga finansören och delar ut ca 1 000 Mkr per år. Detta belopp kommer under en femårsperiod att reduceras till 800 Mkr. Den har fyra övergripande stödprogram: Livsvetenskaper, Materialvetenskap och mikroelektronik, Produktions- och informationsteknik och Övergripande strategiska satsningar.

Vid MAX-lab utförs forskning inom flera av dessa övergripande forskningsprogram och forskare vid MAX-lab har fått och får stöd från SSF för sin forskning vid laboratoriet. SSF vill stödja den aktiva forskningen men endast i undantagsfall engagera sig i uppbyggnad och drift av tung vetenskaplig utrustning. Ett sådant undantag skedde då MAX-lab i december 1999 fick ett engångsanslag över fem år på totalt 20 Mkr.¹²⁰ Redan i september 1997 fick MAX-labs nuvarande föreståndare Nils Mårtensson 2 Mkr per år under en femårsperiod ur SSFs senioranslag. Dessa medel utnyttjas till stor del för forskning vid MAX-lab. Helt nyligen i maj 2000 fick Stacey Sörensen, institutionen för synkrotronljusfysik LU, ett totalanslag på 18 Mkr utspritt under fem år inom programmet för materialvetenskap för forskning med avancerade molekylära material. Denna forskning bedrivs också huvudsakligen vid MAX-lab.

Närmre 50 Mkr har således SSF tilldelat forskning vid och drift av MAX-lab under åren 1997–2000. Detta stöd till forskningen vid laboratoriet är synnerligen värdefullt och leder till nya framgångar. Till sin konstruktion är det

¹²⁰ SSF-protokoll 991111 och 991221.

dock med nödvändighet diffust eftersom det huvudsakligen ej passerar genom MAX-labs kassa. Detta gäller även många andra stöd från andra finansiärer till forskning vid MAX-lab, där medlen går direkt till aktiva forskare.

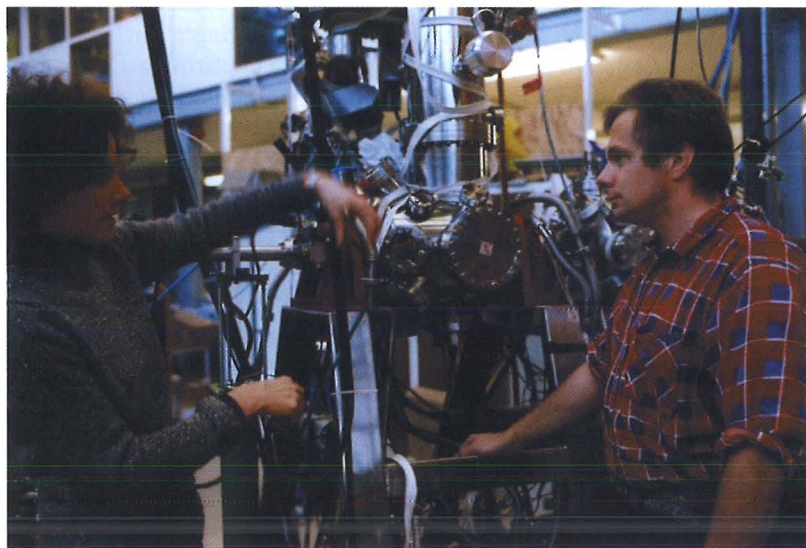


Fig 45 Stacey Sörensen, synkrotronljusfysik LU, och Anders Månsson, MAX-lab, vid strålrör I411(2000). Foto: Mikael Johansson.

MAX kusiner

Planer på NAC, och utvecklingen av GWI, AFI och OSO under 80-talet

Nationellt acceleratorcentrum, NAC

Under slutet av 60-talet och i början av 70-talet diskuterade, nordiska forskare kring accelerators möjligheten att skapa ett nordiskt centrum för denna forskning. Av ekonomiska och politiska skäl, men också på grund av svårigheten att komma överens såväl internationellt som nationellt om placeringen av centret, visade det sig svårt att driva detta projekt. Efter det att svensk kärnfysik 1979 utvärderats av internationell expertis, som ett led i NFRs utvärderingsprogram, tog dessa diskussioner ny fart men nu i första hand på nationell nivå.

Under en vecka i mars 1981 samlades ett 40-tal forskare i Mölndal för att skissera en plan för den acceleratorbaserade forskningens utveckling på sikt i Sverige. I mötet ingick också representanter för de nordiska länderna, utsedda av den nordiska samarbetskommittén för acceleratorbaserad forskning (NOAC). Initiativtagare till mötet var en av utbildningsdepartementet utsedd sakkunnighetsgrupp (Lemne-gruppen) med uppgift att utreda de nationella acceleratorfrågorna och Svenska fysikersamfundets sektion för kärnfysik.¹²¹

Allmän enighet rådde vid mötet att den mest attraktiva lösningen för 90-talets forskning vore en strömstark synkrotron med en maximal protonenergi om 1–3 GeV.¹²² Endast med en anläggning av denna ambitionsgrad (NAC) skulle det vara meningsfullt att integrera de tre acceleratorlaboratorierna

¹²¹ Sakkunnighetsgruppens medlemmar var Mats Lemne, Ingvar Lindgren och Örjan Skeppstedt.

¹²² Acceleratorbaserad forskning i Sverige under 1980-talet I, Sammanfattning och slutsatser från en studievecka i Mölndal den 9–13 mars 1981, Undertecknare å acceleratorutredningens och kärnfysiksektionens vägnar Ingvar Lindgren, Hans Ryde och Örjan Skeppstedt.

Atomforskningsinstitutet (AFI), Gustav Werner-institutet (GWI), och Tandemacceleratorlaboratoriet i Uppsala (TLU), samt neutronforskningslaboratoriet i Studsvik (NFL). Huvudinstrumentet i den föreslagna anläggningen utgjordes av en synkrotronring med möjlighet att accelerera protoner till 3 GeV och tyngre joner till 1 GeV/nukleon. Synkrotronen skulle vara strömstark så att sekundärstrålar av pioner och kaoner kunde produceras med god intensitet. Som injektor för tunga joner föreslogs en supraleddande cyklotron lämpligen försedd med yttre tungjonkälla. Som injektor för lätta joner föreslogs en mindre synkrotronring med möjlighet att accelerera protoner till energin 600 MeV och som injektor till denna ring en 100 MeVs lineäraccelerator. Med kringutrustning uppskattades kostnaderna till drygt 200 Mkr exklusive experimentutrustning och byggnader.

Mölnaldförslaget var utan tvekan ambitiöst men uppfattades av många forskare som oralistiskt. Mölnaldsrapporten låg som en bilaga till NFRs anslagsframställning 83/84 och kommenterades på följande vis:

NAC-projektet är kostnadsmässigt en storleksordning större än övriga här diskuterade projekt. Förutom ekonomiska skäl finns det en rad vetenskapliga och tekniska anledningar till att söka lösningar på acceleratorområdet genom nordiskt samarbete, eventuellt på europeisk nivå och i samarbete med CERN.

Den på kort sikt viktigaste satsningen för den acceleratorbaserade forskningen i Sverige är att det nationella utnyttjandet av den ombyggda GWI-acceleratorn säkerställs, så att forskningen kan tillgodogöra sig de utökade resurser i form av målrumsutrymme, som nyligen beviljats genom regeringsbeslut.

Förslaget fick dock konsekvenser, eftersom det rörde mark för mera realistiska projekt. Som en fortsättning på NAC följde, som vi snart skall se, ett nytt förslag NAC-83. Detta var nerbantat i förhållande till NAC och byggde på idén att Sverige skulle överta en friställd lagringsring från CERN. Även detta förslag strandade och därmed sköts tankarna på ett stort gemensamt nationellt eller nordiskt acceleratorcentrum i sank.

Gustav Werner-institutet och Tandemacceleratorlaboratoriet blir The Svedberg-laboratoriet, TSL

Den ursprungliga GWI-acceleratorn monterades ner 1977 men först 1981 sattes spadarna i jorden för en renoverad accelerator. Renoveringsplanerna lades fram redan 1965 och skulle medföra att intensiteten i utdragen stråle från

acceleratorn skulle höjas tusenfalls.¹²³ Härvid skulle man utnyttja sektorfokusering, som när planerna lades fram, var unika i sitt slag. Det var verkligen hög tid för att något skulle ske.

Den ovan nämnda Lemne-gruppen insåg tidigt i sitt arbete att GWI-renoveringen måste påbörjas oberoende av planeringen av ett nationellt acceleratorcentrum. Den formulerade därför ett minimiprogram för renoveringen som kunde lotsas igenom NFR/FRN och som ledde till ett regeringsbeslut i november 1981. Kostnaderna uppskattades till 24 Mkr.

Utvecklingen vid GWI tog plötsligt en överraskande vändning. I CERN hade utvecklats en teknik att kyla ner partiklarna i en acceleratorstråle, dvs kraftigt reducera deras inbördes hastighetsskillnader. Experimenten, som pågått från 1977 i en lagringsring benämnd ICE eller Initial Cooling Experiment, slutfördes under 1980. Frågan uppkom därför vad som skulle göras med den färdig använda lagringsringen. Sven Kullander besökte CERN under sommaren 1982 och insåg genast utvecklingsmöjligheterna vid GWI om delar av ringen kunde överföras till Uppsala. Sin entusiasm byggde han på en rapport utarbetad vid Indiana University Cyklotron Facility som diskuterade möjligheterna att komplettera den där befintliga acceleratorn med just en kylningsring.

Tankarna utvecklades under hösten vid GWI och ledde till förslaget NAC-83.¹²⁴ Liksom Mölndals-NAC var NAC-83 mycket ambitiöst och innefattade en ny tungjonsaccelerator, en ombyggd GWI-cyklotron som lättjonsaccelerator och en polariserad jonkälla. Kostnaderna uppskattades till 85 Mkr, varav 52 Mkr utgjorde kostnader för den nya supraledande cyklotronen, under en uppbyggnadstid av 6 år. Till detta kom kostnader för byggnader som uppskattades till minst 50 Mkr. Sven Kullander gjorde även en begränsad beräkning, som innefattade inköp och upprustning av ICE-ringen, kringutrustning och en utökad underjordisk acceleratorhall. Denna uppskattningen löd på ca 40 Mkr. Vid CERNs Council-möte i december 82 i vilket departementsrådet Johnny Andersson deltog som Sveriges representant, beslöts formellt att Uppsala universitet skulle få köpa ICE-ringen för den blygsamma summan av 1 Mkr. I 1983 års budgetproposition upptogs ärendet men innefattade enbart medel till en ombyggd GWI-cyklotron och ICE-ringen. I propositionen an-

¹²³ G Tibell *Accelerators in Uppsala – Historical Aspect*, Physica Scripta 44 (1991) 121.

G Tibell *Interview with TSL Director*, Uppsala Accelerator Niews 10 (1992) 4.

G Tibell, J Carlson and S Kullander *Gustaf Werners Institut 50 år* Kosmos 1999, Svenska Fysikersamfundet.

Gustaf Werners institut 50 år ed. T Lindqvist, Acta Universitatis Upsaliensis, Uppsala 1999.

¹²⁴ NAC-83 undertecknades av Ingmar Bergström, Arne Johansson, Sven Kullander och Gösta Rudstam 821103.

gavs att utrustningsdelen av CELSIUS-projektet, som GWI+ICE-projektet döpts till, skulle finansieras över FRN-ramen (CELSIUS = Cooling with ELections and Storing of Ions from the Uppsala Syncrocyklotron).

Den snabba och informella beslutsprocessen på regeringsnivå förvånade många forskare, inte minst uppsalaforskarna. NFR togs mer eller mindre på sängen och fick aldrig tillfälle att utvärdera förslaget. Detta skapade spänningar som dök upp i den framtida debatten kring laboratoriet. Sannolikt var det nödvändigt att agera raskt eftersom flera europeiska universitet var intresserade att ta över ICE. Det var en fin present till UU som Johnny Andersson förde med sig, när han strax senare blev förvaltningschef där. Ur GWIs utgångspunkt var det mycket glädjande att man äntligen fann en lösning på laboratoriets framtid efter många, många års diskussioner och utredningar. Detta gäl-
ler även för nationell svensk kärnfysikforskning.

Organisatoriskt slogs acceleratorerna vid GWI och TLU tillsammans till det nationella The Svedberg-laboratoriet, TSL. Den vetenskapliga verksamheten vid de två laboratorierna bildade institutionen för strålningsvetenskap, ISV. Som föreståndare för TSL utsågs Arne Johansson, den mest drivande kraften inom Celsiusprojektet och föreståndare för TLU. Det nya laboratoriet invigdes 1990. Tandemacceleratorlaboratoriet bröts ut ur TSL 1994 och blev en gemensam resurs för teknisk-naturvetenskaplig fakultet.

Institutet för atomforskning, AFI, blir Manne Siegbahn-institutet, MSI

Även den stora cyklotronen vid AFI åldrades. Under 70-talet och början på 80-talet sökte man därför efter utvecklingsvägar för institutet. Starkt påverkades man av den pågående diskussionen att skapa först ett nordiskt (NORD-AC) och senare ett nationellt (NAC) centrum för kärnfysikforskning. Samtidigt ville man bevara traditionen kring AFI, det första forskningsinstitutet för kärnfysik i landet. Därför ställde man sig tveksam inför ett NORDAC placerat i Danmark och även inför ett NAC placerat i Uppsala eller Märsta.

När uppsalaforskarna ryckte till sig initiativet med CERN-ringen, ICE, uppmuntrade man NAC-83-projektet. Ingmar Bergström, föreståndare för AFI, var en av undertecknarna av förslaget. Tanken var att AFI skulle ha ansvar för den supraledande cyklotronen som ingick i projektet. Efter den snabba hanteringen av NAC-83 i departementet, där man enbart tog ställning till ICE-ringen och utbyggnaden av GWI, kände sig forskarna på AFI överkörda.

AFI måste ompröva sin forskningsinriktning. Det fanns inte plats för ytterligare ett stort kärnfysikprojekt i Sverige. Under 70-talet hade atomfysiken fått en allt större roll på institutet. Samtidigt hade forskare från AFI följt acceleratorutvecklingen vid CERN. Själv vistades Ingmar Bergström där under ett

år 79/80. Allt tydligare växte planerna fram på att utveckla en lagringsring för kylda tunga joner, CRYRING. Dessa joner skulle inne i ringen sedan kollidera med fotoner, elektroner eller andra joner. Nya och intressanta observationer skulle i så fall kunna göras.

I januari 1984 framförde AFI-ledningen sitt förslag till K&AW, vilket var naturligt, eftersom stiftelsen ända sedan laboratoriets start på 30-talet varit dess stora finansiär. Redan i juni samma år beviljade stiftelsen sitt första anslag till CRYRING.

Utbildningsdepartementet gav NFR i uppdrag att närmre yttra sig över projektet CRYRING, vad gällde den vetenskapliga relevansen och projektets angelägenhet i förhållande till andra förslag inom tillgängliga resursramar. I sitt yttrande framhöll NFR efter att ha tillsatt och tagit del av synpunkter från en arbetsgrupp och rådfrågat internationell expertis,

att Cryring-projektet har mycket hög vetenskaplig relevans, såväl inom acceleratorfysik som framför allt inom atom- och molekyelfysik,

att intresset från svenska forskare inom atom- och molekyelfysik är ganska begränsat,

att de nödvändiga investeringarna inte med nuvarande planering kan rymmas inom oförändrad FRN-ram och inte heller inom NFRs budgetram,

att det är tveksamt om framtida driftkostnader kan rymmas inom oförändrad budget för AFI,

att stora krav kommer att ställas på medel för experimentell kringutrustning till ringen,

och att projektet är centralt för den framtida acceleratorbaserade verksamheten i Stockholm-Uppsalaområdet.¹²⁵

Med detta uttalande som grund beslöt K&AW under hösten 1985 att säkra projektet genom att anslå 17 Mkr. När CRYRING invigdes i september 1992 hade K&AW genom ytterligare anslag stött projektet med 43,5 Mkr. Det kan man kalla lång och trogen lojalitet till AFI. Att satsningen varit riktig framgår med all tydlighet av de internationellt observerade forskningsresultat som erhållits vid Manne Siegbahn-institutet, MSI, som laboriet nu kallas efter invigningen. MSI har under 90-talet erhållit status som nationell forskningsanläggning.

Onsala Space Observatory, OSO och Swedish-ESO Submillimetre Telescope, SEST

Vi har redan sett att Onsala rymdobservatorium 1973 fick en stark upprustning i och med att det önskade 20 m radioteleskopet kunde finansieras. Teleskopet byggdes upp 1975–76. Teleskopet var under flera år det största i värl-

den som kunde användas på så korta våglängder som strax under 3 mm. Med detta nya teleskop kunde studiet av molekyler ute i rymden kraftigt utvidgas. Samtidigt kopplades Onsalateleskopet ihop med det globala nätet av radioteleskop för samtidig observation av radiokällor. Denna hopkoppling ledde även till en intressant sidoeffekt med betydelse inom geodesin i och med att man kunde studera kontinentaldriften. En annan sidogren av forskningen vid OSO har blivit studiet av koncentrationen av olika molekyler (vattenånga, kolmonoxid och ozon) i jordatmosfären som funktion av höjden. Mätningarna görs med radiovågsmottagare utvecklade för radioastronomi.

Under 80-talet har OSO utvidgat sina mätmöjligheter genom uppbygget av SEST (Swedish-ESO Submillimetre Telescope, där ESO betyder European Southern Observatory). SEST är ett 15 m radioteleskop som är placerat i de chilenska Anderna. Det togs i bruk 1987 och utvidgar det åtkomliga våglängdsområdet ner till 0,7 mm. Hälften av kostnaderna (ca 12,4 Mkr) för teleskopet har betalats över FRN-ramen för big science. OSO ansvarar för driften av SEST, som är det största millimetervågteleskopet på södra halvklotet, och har genom detta fått tillgång till södra stjärnhimmeln.

Med SEST studeras bl a de Magellanska molnen som är våra närmaste granngalaxer i universum. De utgör på många sätt en annorlunda miljö än vår egen Vintergata, och därför är det av intresse att se om stjärnbildningen går annorlunda till där. Studiet av spiralgalaxer och uppkomsten av deras form är andra intressanta forskningsprojekt.

Tredje generationens synkrotronlusanläggningar

European Synchrotron Radiation Facility, ESRF

Utvecklingen av synkrotronluskällor var snabb under 80-talet. Den första generationens anläggningar utnyttjade parasitiskt elektronsynkrotroner som var byggda för partikelfysik. I den andra generationens källor, till vilken MAX I hör, utformades elektronlagringsringen så att elektrostrålen inne i böjmagneterna hade extra goda egenskaper och därmed fick man hög kvalitet på synkrotronljuset. I den tredje generationens källor förlängde man raksträckorna i ringen för att ge plats för wiggler och undulatorer. Dessa magnetiska konstruktioner medförde mångfaldigt högre briljans på synkrotronljuset och fick spektrum att gå mot kortare våglängder.

Den europeiska synkrotronluskällan ESRF är placerad i Grenoble, Frankrike. Konstruktionen av källan startade 1990. Den består av en 6 GeV lagringsring med rutinmässigt 150 mA cirkulerande ström av elektroner med en

¹²⁵ *Rådslaget*, information från NFR. Nr 3/85 juni.

livslängd av 40 timmar. Härmed är den tillsammans med två liknande installationer i Japan och USA en tredje generationens synkrotronljuskälla inom röntgenområdet där tidigare omöjlig forskning kan bedrivas. Utanför ringen byggs det upp 50 strålrör. Av dessa kan 30 ta sitt ljus från wiggler och undulatorer. Anläggningen har optimerats för briljans i det korta våglängdsområdet från 5 Å till långt under 0,1 Å eller till röntgenområden över 100 keV. ESRFs betydelse för den europeiska forskningen på atomär och molekylär nivå kan jämföras med CERNs och ESOs betydelse inom deras respektive områden. För nuvarande och framtida synkrotronljusforskning är ESRF av mycket stor betydelse. Ytterligare fyra ringar i samma energiområde är under uppbyggnad i Japan, Ryssland, Tyskland och USA.

Under januari 1985 tillsatte NFR en arbetsgrupp att utarbeta ett förslag till en strategi för ett svenskt engagemang i framtida synkrotronljuskällor. Gruppens ordförande var Carl Nordling från UU.¹²⁶ Gruppens uppgift var att studera betydelsen av ett svenskt deltagande i den europeiska synkrotronljuskällan ESRF, granska möjligheterna att utnyttja andra större synkrotronljusprojekt men också utvärdera "nordiskt-svenska" förslag till olika synkrotronstrålningskällor och studera det svenska behovet av synkrotronljus. Gruppens beskrivning av forskningsmöjligheterna vid ESRF kan sammanfattas på följande vis:¹²⁷

ESRF blir en från vetenskaplig synpunkt världsunik facilitet vid vilken man kommer att kunna utföra forskning som tidigare inte varit möjlig eller ens påtänkt. De nya forskningsmöjligheter som ESRF erbjuder är bl a studier av kemiska reaktioner under mycket korta tidförlopp. Det kommer även bli möjligt att arbeta med mycket mindre dimensioner på en-krystaller, vilket innebär stora framsteg. För proteinkristallografin är det en markant förbättring eftersom anläggningen gör det möjligt att studera biostrukturer som virus i kristallform. Stora möjligheter öppnar sig inom enzymkinetik, röntgenspektroskopi, studium av ytfenomen och icke-lineära optiska processer i röntgenområdet. Detta gäller även holografi och holografisk mikroskopi i röntgenområdet. Andra forskningsområden som berörs är röntgenfluorescensanalys med sveptechnik, fiberoptik, bioteknik och föroreningskontroll.

¹²⁶ NFRs arbetsgrupp om framtida synkrotronljuskällor bestod av Carl Nordling, Börje Johansson, Åke Kvick, Anders Liljas, Uno Lindberg, Per-Olof Nilsson och Mats Ola Ottosson.

¹²⁷ "Svensk användning av framtida synkrotronljusanläggningar", rapport från NFRs arbetsgrupp (ovanstående fotnot), 1985.

Förslag om en gemensam nordisk synkrotronlusanläggning, Supermax.

Den ovan nämnda gruppen granskade också ett förslag från Mikael Eriksson och Anders Flodström om en gemensam nordisk synkrotronluskälla av en tekniskt mycket avancerad typ på 2 GeV. Detta förslag, som fick smeknamnet Supermax, hade arbetats fram efter ett möte i september 1985 i Lund där nordiska forskare diskuterat ett samarbete inom synkrotronstrålningsforskning. Till mötet kom representanter från Danmark, Finland, Norge och Sverige. Vid mötet presenterade Eriksson-Flodström tre förslag:^{128, 129}

- i) 2 GeV-källa i Lund (Supermax) där MAX används som injektor och man utnyttjar befintlig instrumentering, infrastruktur och know-how. Totalkostnad: 213 Mkr,
- ii) 2 GeV-källa på "green field" byggd upp från grunden på ny plats. Totalkostnad: 329 Mkr,
- iii) 3,5 GeV-källa på "green field". Totalkostnad: 638 Mkr.

I december 1985 presenterade Eriksson-Flodström ett reviderat förslag där kostnaderna för Supermax uppräknats till 260 Mkr.¹³⁰ Toppenergin hade höjts till 2,5 GeV, personal för strålrör hade inräknats och påslag gjorts för oförutsedda kostnader. Uppbyggnadstiden beräknades till fyra år.

Intresset för en nordisk synkrotronluskälla var mycket stort, men naturligtvis fanns det en serie frågetecken som borde rätas ut.

Det kan verka förvånande att Flodström och Eriksson kom med detta förslag just som färdigställandet av MAX I var i sitt mest aktiva skede. I sitt förslag ger de bl a följande motivering.

Inom den närmaste framtiden kommer MAX att tillfredsställa det svenska och delar av det nordiska behovet vad beträffar VUV-området. Efter ett decennium kommer emellertid antagligen den tredje generationens maskiner att överta de mer krävande experimenten även om livstiden för nuvarande maskiner antagligen kommer att vara ytterligare något eller några decennier till. För att kontinuerligt kunna befinna oss i frontlinjen vad beträffar synkrotronluskäl-

¹²⁸ Minnesanteckningar över: "Discussions on Nordic collaborations within synchrotron radiation research" in Lund September 16, 1985.

¹²⁹ Samtliga belopp exklusive personalkostnader för strålrör.

¹³⁰ M Eriksson och A Flodström "Nordisk synkrotronluskälla", Slutrapport över "Förstudie av en optimerad synkrotronluskälla" finansierad av NFR, kontrakt F-SU 8344-110 daterad 851206.

lor, måste vi emellertid uppmärksamt följa utvecklingen inom detta område.

Inom Röntgenområdet kommer ESRF att utgöra en tredje generationens ljuskälla. Av flera skäl som relativt hög kostnad/beamline, stort avstånd till maskinen och begränsad stråltid kommer emellertid även andra Röntgenkällor att behövas för nordiskt vidkommande. Naturligtvis kan dessa inte ersätta ESRF eftersom denna anläggning kommer att utgöra en spjutspets vad beträffar strålkvalitet, vetenskaplig atmosfär etc.

Denna studie avser att skissera en synkrotronljuskälla som dels skulle utgöra en tredje generationens maskin i VUV-området, dels kunna förse Röntgenanvändare med ljus av hög intensitet och briljans ned till korta våglängder och därmed i stor utsträckning tillsammans med ESRF kunna tillfredsställa det totala strålbehovet inom hela synkrotronljusområdet.

Man kan konstatera att Eriksson-Flodström vågade lägga fram ett acceleratorförslag som ekonomiskt låg i närheten av NAC-förslaget och i paritet med förslaget om NAC-83. Detta skedde endast två år efter det NAC-83 spruckit och mitt uppe i uppbyggnaden av MAX I innan något som helst vetenskapligt resultat uppnått från denna forskningssatsning. För beslutsfattarna innebär det naturligtvis svårigheter att förslaget kom samtidigt som man skulle avgöra under vilka former Sverige skulle delta i ESRF. Det krävdes kanske inte mod av förslagsställarna, men det krävdes att granskarna av förslaget kände respekt för dem för att förslaget skulle tagas på allvar.

Arbetsgruppen lät göra en enkät bland användare av synkrotronljus. Därefter utarbetade den ett yttrande som ingår i ovannämnda rapport och som kort sammanfattas här.

Anläggningen skulle bli en av världens intensivaste ljuskällor med unika möjligheter till avancerad och idag omöjlig forskning. Den spektrala radansen skulle i denna nordiska anläggning bli flera tiopotenser högre än i dagens anläggningar. Experiment som tidigare varit omöjliga att utföra skulle med denna samnordiska synkrotronljusanläggning bli verklighet. Den planerade källan för synkrotron ljus utformas enligt förslaget på så sätt att den passar de flesta synkrotronljusanvändare. *Vetenskapligt är detta ett mycket bra projekt.* Däremot måste de som önskar höga intensiteter av röntgenstrålning söka sig utanför Norden. Det relativt blygsamma intresset för Supermax från kemister, biologer och medicinare kan komma att öka om anläggningen ges för dessa användargrupper lämpliga prestanda. NFR bör invänta inställningen i de andra nordiska länderna innan beslut fattas om vilken satsning som skall göras på en nordisk SR-källa.

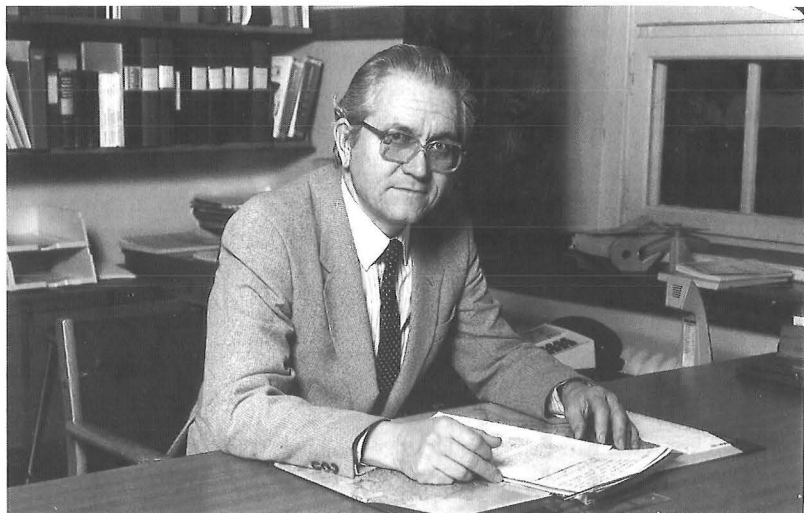


Fig 46 Carl Nordling Foto: NFRs bildarkiv.

Behovet av synkrotronljus i Sverige varierar med vem användaren är. Fysiker behöver oftast våglängder över 10 Å, biologer och kemister huvudsakligen våglängder under 2,5 Å. I framtiden kommer det förmodligen att ske en fördubbling av den svenska synkrotronljusforskningen. Det "svensk-nordiska förslaget" motsvarar endast en liten del av de krav som kommer att ställas i framtiden. Därför måste den väntade expansionen mötas med ökad svensk satsning på såväl bilaterala arrangemang som en nordisk synkrotronljuskälla. Experiment som har extrema krav på korta våglängder och en hög spektral radians kräver även ett svenskt deltagande i ESRF-projektet.

Det finns skäl till att så här utförligt beröra förslaget om Supermax. Det förverkligades inte, men det råder ingen tvekan om att det utgjorde starten för MAX II-projektet. Vägen från Supermax till förverkligandet av MAX II är intressant och skall nu beröras utförligare. Intressant är också att trion Mikael Eriksson, Anders Flodström och Carl Nordling nu tydligt syns som skapare och tillskyndare av projektet. Till trion bör också föras en fjärde person, Lars Gidefeldt, som fick allt större ansvar för administrationen vid NFR.

MAX får en storebror

MAX II-projektet formuleras och prövas

Den förste juli 1986 bytte NFR ledamöter. En av de nya ledamöterna blev Osvaldo Goscinski, kvantkemist från UU, med Anders Flodström, materialfysiker vid KTH, som personlig suppleant. Året därpå övertog Carl Nordling uppdraget som NFRs huvudsekreterare efter Ingvar Lindqvist. Vännerna till MAX-lab blev representerade i den högsta ledningen av NFR.

Professuren i synkrotronljusfysik, som omnämndes i forskningspolitiska propositionen 1987, inrättades vid LU fr o m 1 juli 1988. Före ledigförklarandet blev det en diskussion om professuren skulle placeras vid MAX-lab eller vid Fysikum. MAX-labs styrelse framförde starkt till MNF den enhälliga åsikten att den nya professurens tillhörighet skulle vara vid MAX-lab. Detta skulle främja laboratoriets utveckling och öka professurens ansvar för laboratoriet, skapa likheter i organisation med de andra nationella laboratorierna och vara i klar överensstämmelse med motiveringen i den forskningspolitiska propositionen.¹³¹

Trots denna begäran beslöt MNF vid sitt sammanträde i juni 1987 att professuren skulle placeras vid fysiska institutionen. Tjänsten utlystes i januari 1988 och sju sökande anmälde sig: A Flodström, KTH (som dock ej fullföljde ansökan), KTH, L Johansson, LiU, I Lindau, Stanford, USA, P Morgen, Odense, Danmark, J Nordgren, UU, Ralf Nyholm, LU, och R Reininger, Hamburg, Västtyskland (för sent inkommen). I januari 1989 förordade de sakkunniga I Lindau till synkrotronljusprofessuren. Han tillbringade då sedan ht 1988 ett sabbatsår vid MAX-lab.

Förslaget om 2,5 GeV-ringen Supermax var vilande inom NFR i avvaktan på regeringens ställningstagande om svenskt deltagande i ESRF.¹³² Under våren 1987 klarnade bilden om ESRF, när de nordiska länderna forskningsmäs-

¹³¹ Brev daterat 870521 till MNF från MAX-labs styrelse.

¹³² Det är av intresse att konstatera att MAX-lab under 1986/87 tog hem en order avseende en teknisk studie av förinjektorsystemet för den till ESRF hörande synkrotronen, trots att Sverige inte bidragit till finansieringen av definitionsfasen.

sigt gick samman i ett konsortium, NORDSYNC, på en bidragsnivå om 4%. Detta accepterades av ESRFs provisoriska råd.

NFR gjorde nu en kompletterande utredning om det svenska synkrotronljusbehovet. Därefter skrev man i november 1988 till MAX-labs styrelse följande:¹³³

Det svenska forskarsamhället har ännu inte uttryckt ett så stort intresse för projektet att det skulle kunna motivera den höga kostnaden. Samtidigt konstaterades att de ekonomiska förutsättningarna för en investering på denna nivå för närvarande inte föreligger inom FRN-ramen för dyrbar vetenskaplig utrustning.

Rådet ser det emellertid viktigt att forskningen vid MAX-lab kan fortsätta och utvecklas på ett internationellt konkurrenskraftigt sätt och har uppfattningen att framtiden för MAX-laboratoriet snarare ligger inom VUV-området än inom röntgenområdet, och rådet är därför berett att i positiv anda pröva förslag till vidare utveckling av MAX-laboratoriet i denna riktning.

Med detta brev startade en ytterst dynamisk period i MAX-labs historia. Den 3–4 november 1988 arrangerade MAX-ledningen en studieresa till synkrotronljuslaboratoriet HASYLAB i Hamburg. Med chartrat plan från Sturup flög en grupp forskare och administratörer från LU för att på plats studera ett av de större synkrotronljuslaboratorierna i världen. Detta var en viktig och angelägen resa eftersom många av beslutsfattarna ej hade erfarenheter av synkrotronljusforskningens betydelse. Ett omedelbart resultat av resan blev att LU och byggnadsstyrelsen gjorde en förstudie över tillbyggnaden för Stor-MAX, en vidareutveckling av MAX-lab inom VUV-området och mjukröntgenområdet.

Veckan efteråt fick styrelsen för MAX-lab, efter regeringsförordnande, ny ordförande, länsrådet Lennart Linder-Aronson. Hans uppgift blev att leda en styrelse djupt engagerad i framtidsplaner.

En månad senare tillsatte AU för MAX-labs styrelse en arbetsgrupp med uppgift att utreda hur MAX-lab utgående från NFRs önskemål borde utvecklas som synkrotronstrålningslaboratorium för tvärvetenskaplig forskning. Till ordförande i arbetsgruppen utsågs Per-Olof Nilsson.¹³⁴ I gruppens direktiv ingick:

att sammanställa nya vetenskapliga forskningsmöjligheter som kan bli till-

¹³³ Utdrag av NFRs brev 1988-11-01 till Styrelsen för MAX-laboratoriet: "Framtida utveckling av MAX-laboratoriet".

¹³⁴ I arbetsgruppen ingick efter P-O Nilssons förslag även M Eriksson, L Johansson, I Lindau, J Nordgren och R Nyholm.

gängliga vid ett vidareutvecklat MAX-lab och sammanställa svenska forskares behov av ett sådant och därvid beakta de möjligheter de har att bedriva synkrotronstrålningsforskning utomlands,

att komma med förslag om nya faciliteter som krävs med tanke på den internationella utvecklingen av lagringsringar med högre energi anpassad till undulatorer/wigglers,

att komma med förslag om den typ av strålrör och apparatur som förväntas krävas vid ett vidareutvecklat MAX-lab,

att framkomma med en tidplan för MAX-labs utveckling, så att laboratoriet förblir internationellt konkurrenskraftigt in på början av 2000-talet,

att inbjuda svenska forskare och anslagsgivande myndigheter till att diskutera den vetenskapliga motiveringen för ett vidareutvecklat MAX-lab vid ett 1-2 dagars symposium,

samt att lämna en slutrapport i juni 1989.

I december 1988 ansökte MAX-labs styrelse i sin ordinarie anslagsframställning ställd till styrelsen för LU om medel för vidareutveckling av MAX-lab (Stor-MAX) enligt NFRs direktiv. Ansökans inledningsord löd *If you not think of the future, you cannot have one*. Vidareutvecklingen gällde en ny lagringsring för 1,5 GeV kopplad till den befintliga 550 MeV-ringen.¹³⁵ Här ges ett kort utdrag av ansökan, som var uppbyggd kring tre punkter:

1) *Svensk naturvetenskap behöver ett aktivt nationellt synkrotronljuslaboratorium inför år 2000.*

Dagens MAX är en bra ljuskälla och kommer enligt planerna att utnyttjas under minst tio till femton år. Samtidigt måste ett aktivt laboratorium följa utvecklingen och ständigt planera för framtiden. Det är nu dags att planera för 1995 och tiden därefter.

Självklart bör forskarsamhället i Sverige höras om man önskar Stor-MAX. Ett stort antal forskare inom skilda discipliner berörs av frågan på grund av den tvärvetenskapliga karaktären hos Stor-MAX. Sannolikt kommer svaren därför ej att vara entydiga. Det är svårt att ena forskare redan inom ett specialområde. Desto svårare är det att ena forskare inom flera. Frågor kommer att ställas av typ: Får svensk forskning ut maximalt av satsade pengar? Bör inte medlen i stället kanaliseras mot större internationella

¹³⁵ "Anslagsansökan från den nationella forskningsanläggningen MAX-lab avseende forskning inför åren 90/91–92/93, den treårsperiod som kommer att behandlas i 1990 års forskningsproposition" ställd till Styrelsen för Lunds universitet från MAX-labs styrelse och dess projektgrupp Stor-MAX, daterad 1988-12-20.

anläggningar och stödja svensk forskning där? Vilka relationer uppstår mellan den europeiska strålkällan ESRF och Stor-MAX?

2) *Lunds universitet behöver ett aktivt nationellt synkrotronljuslaboratorium inför år 2000.*

Det är betydelsefullt för ett universitet att ha ett nationellt laboratorium. Det ger universitetet en intressant profil. Den koncentrerade satsningen inom ett forskningsfält medför att universitetet blir observerat nationellt och internationellt. Så har redan MAX-lab givit Lunds universitet internationell uppmärksamhet. Betydelsefullast är dock att det vitaliserar forskningen vid universitetet och skapar en fruktbärande miljö. Regeringen och andra anslagsgivande organ behandlar de nationella laboratorierna på särskilt sätt. Detta ger moderuniversiteten uppmärksamhet och medel.

3) *MAX-lab behöver Stor-MAX inför år 2000.*

Det kan verka märkvärdigt att redan nu planera för Stor-MAX – 1995 samtidigt som MAX är under snabb uppbyggnad. Erfarenhetsmässigt vet vi att en acceleratoranläggning har en kort livslängd på ca 15 år och att en ny anläggning kräver 6-8 år att projektera och bygga upp. När vi nu driver förslaget om Stor-MAX är det ett bevis på det starka ansvar och den stora framtidsvision vi känner inom MAX. Det är dessa två känslor vi vill förmedla vidare.

Vad gäller tidplanen för projektet står det i ansökan att ett principbeslut borde fattas i den forskningspolitiska propositionen 1990 efter det UHÄ, NFR och STU beretts möjlighet att yttra sig. Kostnaderna för den nya acceleratoren uppskattades till 40 Mkr och tillbyggnaden till 2800 m².

Håkan Westling var under åren 1986-92 rektor vid LU. Under hela denna period visade han stort engagemang i MAX-lab och stödde laboratoriet på bästa tänkbara sätt. Styrelsen för LU yttrade sig i mars 1989 över ansökan om Stor-MAX. Bl a skriver styrelsen:¹³⁶

Universitetsstyrelsen vill framhålla Lunds universitets stora intresse för och beredvillighet att medverka till ett förverkligande av Stor-MAX. Det är dock viktigt att framhålla, att en satsning på Stor-MAX i första hand måste ses som en nationell angelägenhet och prövas i övergripande perspektiv. Anläggningen kan bli mycket värdefull för fysiker, kemister och biologer. Ett förverkligande av både Stor-MAX och lasercentrum skulle ge mycket kraftiga synergieffekter för områden, där lundensiska forskare tillhör de allra främsta.

¹³⁶ Lunds universitet: Anslagsframställning för budgetåren 1990/91–1992/93, Dnr VI B:11, 14557/88 mars 1989.

MAX-ledningen hade uppnått målet att visa för anslagsgivande myndigheter att LU stödde Stor-MAX. Ihopkopplingen med ett annat angeläget projekt vid LU – lasercentrum – var väntat och beredde vissa bekymmer. Ytterligare ett önskat storprojekt var ett superdator-centrum i Lund. I konkurrensen med dessa två andra storprojekt vann MAX II på grund av det starka stödet från forskarsamhället och projektets fasta organisation. Mest oroade sig dock MAX-ledningen för svårigheterna att få fram medel till tillbyggnaden. Av erfarenhet visste man att det kunde ta lång tid att komma upp på prioriteringslistan vad gällde nya byggnader.

Med tanke på Sten von Friesens förmåga att med hjälp av Ruben Rausing få skånsk industri att bekosta acceleratorhallen till LUSY, beslöt vi att göra ett liknande försök. Närmast till hands var att försöka få familjen Rausing att donera medel. Utsikterna borde inte vara helt omöjliga.¹³⁷ Varken telefonsamtal eller brev ledde till något förutom att Håkan Westling blev upprörd, av skäl jag kan förstå, över att MAX-lab tagit detta initiativ utan att ha diskuterat det med RÅ. Familjen Rausing var en potentiell donator till flera tunga LU-projekt och Håkan Westling såg synnerligen ogärna att enskilda institutioner lade sig i det taktiska spelet.

Den tillsatta arbetsgruppens resultat blev synnerligen värdefulla och dens slutrapport prisad för sin tydlighet. Detta beröm tillkom inte minst gruppens ordförande Per-Olof Nilsson som än en gång gjorde avgörande insatser för utvecklingen av MAX-lab. Speciellt tvådagarssymposiet blev en framgång. Närmare 100 deltagare, såväl naturvetare som administratörer deltog i diskussioner och i sex arbetsgrupper (atom- och molekylärfysik, biologiska och kemiska tillämpningar, fasta tillståndspektroskopi, materialvetenskap, X-strålevetenskap samt mikroskopi och litografi). Dessutom hölls en miniworkshop om acceleratorfysik kring MAX II-ringen.

Kort kan slutrapporten sammanfattas i följande rekommendationer:¹³⁸

¹³⁷ Jag kände Gad Rausing och hade tillsammans med PIXE-forskare hjälpt honom under 1973–74 att analysera några proberstenar i skiffer som grävts fram ur bronsåldersboplatser. Det fanns guldliknande streck på dem och vi kunde visa att strecken hade olika karaktär till Gad Rausing förtjusning. Strax senare försökte han hjälpa MAX-projektet när det ännu inte var fullt finansierat och Tetra Pak bidrog också med stipendiemedel för rekrytering av forskarstuderande till MAX-lab. I ett brev 890217 till Gad Rausing presenterade jag projektet Stor-MAX och frågade om han var intresserad av att donera medel till en byggnad för anläggningen. Min uppfattning var att en donation av detta slag var enda möjligheten att förverkliga Stor-MAX inom rimlig tid. Jag nämnde också att namnet Rausing kunde knytas till laboratoriet på liknande sätt som vår grannbyggnad tvärs över gatan heter Holger Crafoords economicentrum. Samtidigt tog Lennart Linder-Aronson telefonkontakt med sin skolkamrat Hans Rausing i samma ärende.

¹³⁸ Report from the national ad hoc committee *The development of the MAX-laboratory during the 1990's*, June 1989.

- a) Det är nödvändigt att svenska forskargrupper får tillgång till tredje generationens synkrotronljuskällor från mitten av 90-talet för att behålla sin internationella konkurrenskraft.
- b) För de flesta svenska forskare inom området VUV/mjuk röntgenstrålning har användningen av MAX-lab fått allt större betydelse. Det är både billigare och enklare att förbereda och utföra experiment vid MAX-lab än vid utländska anläggningar. Det är även en stor fördel att Sverige har sin egen ljuskälla för att fungera som en medlem i den världsvida synkrotronstrålegemenskapen.
- c) MAX I-faciliteten måste fortsätta att utvecklas till sin fulla kapacitet med upp till ca tio strålrör omkring år 1992. Personalen måste ökas för att hålla i stand och vidareutveckla instrumenteringen vid MAX I. Vi rekommenderar byggandet av en tredje generationens källa, MAX II.¹³⁹ En sådan ljuskälla kommer i mitten på 1990-talet att producera flera tiopotenser högre briljans än vad som är tillgängligt vid MAX I. Det växande antalet utnyttjare av synkrotronljus i Sverige behöver allt mer stråltid och allt fler strålrör. Detta kan lösas med fler strålrör (MAX II) och också genom att dela upp experimenten med olika specialiteter på de två ringarna MAX I och MAX II så att utrustningen kan utnyttjas optimalt. Båda källorna kan köras oberoende av varandra även om MAX I utnyttjas som injektor till MAX II.
- d) Det är viktigt, när den nya MAX II-källan står färdig, att åtminstone två strålrör också står färdiga för forskning. Några strålrör kommer att flyttas från MAX I medan andra nykonstrueras. Det är omöjligt i dagsläget att föreslå detaljerade specifikationer för nya strålrör. Vi rekommenderar mycket starkt att man följer traditionen från MAX I, dvs att nya strålrör initieras av forskargrupper som är villiga att konstruera dem och använda dem. Strålrör bör utvecklas både för strålning från böjmagneter och från insättningsselement. Ett strålrör bör utrustas med en supraleddande wiggler för att sträcka ut det spektrala området upp till 50 keV.
- e) Planeringen för MAX II bör starta omedelbart för att göra det möjligt att ha en färdig anläggning under perioden 1995–97. Kostnaderna per strålrör uppskattas schablonmässigt till 5–10 Mkr och driftkostnaderna per strålrör bör ligga under 10% per år av strålrörskostnaden.

¹³⁹ M Eriksson and L-J Lindgren *MAX II, an advanced VUV synchrotron light source with a simple and compact magnet lattice*, LUNTDX(NTMX-7012)1-19/(1989).

Utgående från arbetsgruppens slutrapport lämnade MAX-labs styrelse in en ansökan till FRN om medel till en högbriljant synkrotronljuskälla.¹⁴⁰ Ansökan gällde nybyggnad av ett acceleratorsystem till en kostnad av 40 Mkr. I den ekonomiska sammanfattningen för projektet gjordes följande analys av den totala kostnaden för MAX II-projektet:

Investering

Lokaler nybyggnad ca 3000 m², påbörjas under 90/91, kostnad 30 Mkr, finansierar staten över KBS.

Acceleratorsystem, nybyggnad, påbörjas under 90/91, konstruktionsperiod 5 år, kostnad 40 Mkr, finansierar FRN, storforskningsprojekt.

Forskningsutrustning, ny fr o m 92/93, kostnad 5 Mkr/år, finansierar FRN, storforskningsprojekt och K&AW Stiftelse.

Driftkostnader

Driftkostnader för MAX II-ringen, 0,5 Mkr/år fr o m 90/91, ytterligare 0,5 Mkr/år fr o m 92/93, finansierar statsanslag.

Driftkostnader för lokaler, 10% av lokalinvesteringen eller 3 Mkr/år fr o m 91/92, finansierar statsanslag.

Utökning av T/A-tjänster, 1 fog ing 92/93 för drift av MAX II och 1 fog ing 94/95 för forskningsutrustning, finansierar statsanslag.

Forskartjänster och drift av tung vetenskaplig utrustning

Utökning av forskartjänster, 1 forskare 92/93 och 1 forskare 94/95, finansierar statsanslag.

Driftkostnader experimentell fast utrustning, MAX-lab ansvarar för driften av denna utrustning, ansökan inlämnas 92 då bättre underlag finns, finansierar statsanslag.

Härmed var MAX-projektet formulerat. Nu skulle det prövas.

Den 1 juli 1989 fick NFR nya ledamöter. Carl Nordling kvarstod som huvudsekreterare. För fysikområdet avancerade Anders Flodström till ordinarie ledamot. Intressant var även, som vi snart skall se, att Bengt Nordén, fysikalisk kemi CTH, kom in som personlig ersättare för Charles Kurland BMC UU. Det gällde nu att lotsa MAX II-projektet genom NFRs olika programutskott. Strategin som lades upp var att ärendet skulle förberedas i samarbetsorganet "KOMA" mellan PUF och PUK, att Bengt Nordén, som kemist skulle

¹⁴⁰ MAX-labs arbetsutskott/MAX-labs styrelse *MAX II En vidareutveckling av MAX-lab för forskning med VUV-ljus och mjukröntgenstrålning*, MAX-lab augusti 1989.

leda diskussionen, och att fysikerna skulle hålla sig i bakgrunden. Detta borde vara det lämpligaste sättet att övertyga motsträviga kemister och biologer. Utifrån var man osäker på Nordéns egen uppfattning om MAX II-projektet. Både förespråkare och motståndare tyckte att valet var gott. För att fördjupa sina kunskaper inom synkrotronljusforskning ordnade PUF och PUK en gemensam studieresa till BESSY i november 1989.

Förberedelserna för beslut var alltså i full gång men innan dess borde i enlighet med NFRs rutiner en internationell expertgrupp granska projektet. Inom MAX-ledningen hade vi haft förhoppningen att ett principbeslut om MAX-projektet kunde föreligga i 1990 års forskningspolitiska proposition, som skulle redovisa ställningstaganden för forskning inför den närmaste treårsperioden, men tiden var för knapp. NFR ville inte uttala sig förrän projektet utvärderats. Vi kunde därför först under våren 1990 förvänta oss ett entydigt besked från NFR och FRN om MAX II. I detta läge skrev styrelsen för MAX-lab till RÅ och bad det framföra till departementet att regeringen i sin proposition ej låste upp samtliga ekonomiska resurser under treårsperioden utan gav utrymme för en snabb projektstart, om beslutet från råden blev positivt. RÅ gjorde detta i ett brev till regeringen 891029.

I den forskningspolitiska propositionen erhöll MAX-lab ett förstärkningssanslag på 1,2 Mkr fr o m b å 91/92.¹⁴¹ I propositionen berördes MAX II-planerna kortfattat:

Förslag till en betydande utbyggnad av MAX-laboratoriet i Lund har redovisats. I avvaktan på en vetenskaplig bedömning av detta projekt är regeringen inte beredd att ta ställning i denna fråga. Naturvetenskapliga forskningsrådet har redan initierat en sådan bedömning och regeringen förutsätter att rådet på grundval härav återkommer till regeringen med de förslag beträffande utbyggnad, inriktning och finansiering som är motiverade.

I propositionen står det även under rubriken: Högskoleenheternas lokaler för forskning (17.1.10):

För objekt där det ännu inte finns förutsättningar för ett beslut återstår alltså 15 milj. kr. Regeringen avser att senare redovisa hur dessa medel bör utnyttjas.

I oktober 1989 utsåg NFR den internationella expertgruppen med svensk

¹⁴¹ Regeringens proposition 1989/90:90 avsnitt 17, s 281.

ordförande. Denne blev Bengt Nordén.¹⁴² Efter att ha tagit del av ansökan och träffat forskarna i Lund rekommenderade utvärderingsgruppen fortsatt stöd till MAX-projektet. Här ges en kort sammanfattning.¹⁴³

Att den första MAX-anläggningen kunde byggas upp på ett så framgångsrikt sätt visar att det finns en mycket kompetent, om än liten, grupp av forskare och tekniker i Sverige som arbetar med uppbyggnad och utveckling av synkrotronljuskällor. Den gruppen anses fullt kapabel att genomföra nästa MAX-projekt. Att gruppen skall kunna utökas måste också anses som en rimlig begäran.

Att bygga MAX-anläggningen kommer att medföra vinster inte bara rent vetenskapliga för forskningen och forskarsamhället, utan också för svensk industriutveckling, menar utvärderarna. Visserligen har svenska forskare redan idag tillgång till synkrotronstrålningskällor utomlands, men det innebär stora fördelar att kunna arbeta på hemmaplan. Någon garanti för tillgång till de utländska anläggningarna när trängseln ökar vid dem har man naturligtvis inte.

I ansökan räknar man med en femårig konstruktionsperiod. Utvärderarna anser det viktigt att detta tidschema kan hållas – annars finns risk för att anläggningen kommer att vara föråldrad redan innan den kommer igång.

Under denna process utvecklades samtidigt MAX-lab starkt och nya argument för fortsatt utveckling av laboratoriet kom fram. Det växande antalet utländska forskare vid laboratoriet var ett sådant argument. I 1989 års aktivitetsrapport från MAX-lab redovisades att inom synkrotronljusforskning kom forskargrupper regelbundet från Estland, Finland, Nederländerna, Schweiz och Tyskland och inom kärnfysikforskning från Belgien, Skottland och Tyskland. Det fördjupade samarbetet med finska och estniska forskare observerades speciellt. Det finska samarbetet ledde fram till ett formellt avtal mellan ett finskt konsortium bestående av Finska Akademien, Oulo Universitet och Turku Universitet å ena sidan och MAX-lab å andra sidan gällande ett finskbetalt strålrör med monokromator kopplad till en kortvågsundulator vid MAX I.

¹⁴² Den internationella expertgruppen utgjordes av Michael Hart, University of Manchester, Christof Kunz, DESY och Sergio Tazzari, Frascati. Många menar att Harts uppfattning var avgörande för att få kemisterna att svänga till fördel för MAX II. Med skärpa klargjorde Hart att det fanns en snedfördelning i svensk naturvetenskaplig forskning mot VUV-området medan man kunde förutse att det inom det hårda röntgenområdet skulle komma stora forskningsframgångar.

¹⁴³ Rådslaget: Information från NFR, nr 2/90 april.



Fig 47 Det finska strålröret med Ergo Nömmiste (1995). Foto: Per-Olof Stoltz.

Enligt avtalet blev alla strålrör vid MAX-lab öppna för finska forskargrupper samtidigt som andra grupper fick tillgång till det finska strålröret. Det estniska samarbetet hälsades med glädje eftersom det inträffade just när den politiska lösningen skedde i Baltikum.

Under hösten 1989 och våren 1990 fortsatte MAX-ledningen sin kampanj att förverkliga MAX II. Det var svårt att överblicka hur de olika instanser-

na skulle reagera och yttra sig över vår ansökan och vårt finansiella upplägg. Fortfarande oroade vi oss för den nya lokalen. Ett av skälen för denna oro var att staten beslutat göra förändringar i finansieringen av statliga byggnader. Man förutskickade att införa full kostnadstäckning för lokaler från och med budgetåret 92/93. Lokalerna skulle ägas av Akademiska hus, till vilket KBS skulle omstruktureras, och universitetet skulle betala hyra för dem. Avsikten med det nya systemet var att få ett rationellare utnyttjande av lokalbeståndet, vilket som bieffekt ledde till ett motstånd att bygga nya lokaler.

I december 1989 skrev MAX-labs styrelse till K&AW och informerade stiftelsen formellt om MAX II och om förhoppningarna att stiftelsen skulle stödja uppbyggnad av tung forsakningsutrustning vid MAX II. Kostnaden för denna uppgick ju enligt styrelsens uppskattning till 50 Mkr fördelade på 10 år. Styrelsen anhöll samtidigt om stiftelsens stöd för uppbyggnad av ny lokal och acceleratorring för den händelse att en fullständig täckning av kostnaderna ej erhöles över KBS och FRN.

MAX-labs styrelseordförande Lennart Linder-Aronson hade ett rikt kontaktnät och tillsammans prövade vi under våren 1990 att finna fyra donatorer som tillsammans kunde garantera halva byggkostnaden eller 20 Mkr. Bl a vände vi oss till SE-banken, Lundabygdens sparbank och Sparbanken Skåne, men även till lundaföretagen ALFA LAVAL och än en gång till TETRA PAK. Det visade sig svårt att få gehör för önskemålen. Ett skäl för detta var att MAX-labs verksamhet inte var inriktad mot miljöfrågor eller medicinska frågor. På vår lista fanns också Crafoordstiftelsen, IKEA och Industriförbundet men vi beslutade att avvakta tills närmre besked erhöles från regeringen.

Jag tror inte att något forskningsprojekt granskats så noga och av så många som MAX-projektet. Ett skäl var säkert projektets mångvetenskapliga karaktär, vilket naturligtvis var en väldig styrka. Betydligt mer än de andra big science-projekten i Sverige är detta karaktäristiskt för MAX-lab. Men det innebar också att många forskare hade och har synpunkter både positiva och negativa. Många blev stimulerade och betraktade projektet som en latent resurs för deras forskning, medan andra upplevde projektet som ett hot mot framtida egna anslag och idéer. Till detta kom att beslutsfattarna tyckte sig ha större möjligheter att bedöma projektet, vilket förmodligen var riktigt. Ett högt specialiserat forskningsprojekt är det få som orkar tränga in i och ha synpunkter på.

Det var en jämn ström av betydelsefulla personer från vetenskap, politik och industri, men också från massmedia, som passerade genom MAX-lab under de jättiga åren kring 1990. Det gjorde att laboratoriet blev känt och att besökarna kände sig delaktiga.

MAX IIs finansiering

Det började våras för MAX II i mitten på april 1990 då PUF inom NFR tog ställning och i maj kom NFRs beslut. I NFRs skrivelse till FRN den 7 maj 1990 gällande förslag till fördelning av medel inom FRNs ram för dyrbar utrustning 1990/91–1994/95 står det bl a följande:

Styrelsen för MAX-laboratoriet har lämnat ett förslag om utbyggnad av laboratoriet med en ny tredje generationens synkrotronljuskälla. Det är fråga om en 1,5 GeV högbriljant källa för VUV- och mjukröntgenområdet, vilken benämns MAX II. Rådet har låtit en internationellt sammansatt expertgrupp granska projektet. Gruppen gav en stark rekommendation att projektet bör genomföras. Rådet delar expertgruppens positiva inställning och instämmer också i åsikten att MAX II kommer att ha stor betydelse för spektroskopisk forskning inom områdena atomfysik, molekylfysik och kondenserade materiens fysik. MAX II är ett intressant led i utvecklingen av kompakta tredje generationens synkrotronljuskällor. Rådet anser att MAX II på ett mycket gynnsamt sätt kompletterar Sveriges satsning på forskning med röntgenstrålning vid ESRF i Grenoble.

Rådet föreslår att MAX II-projektet genomförs i huvudsak enligt ansökan från MAX-laboratoriet. Detta innebär att projektet bör genomföras inom en kostnadsram på 40 Mkr i 1989/90 års priser, och medel bör reserveras inom FRN-ramen enligt följande plan:

Tabell 6 Kostnadsplan för MAX II inom FRN-ramen (Mkr).

90/91	91/92	92/93	93/94	94/95
2,0	8,0	10,0	10,0	10,0

Endast medel för 1990/91 bör tillsvidare beviljas. Dessa skall användas för projektering, konstruktionsarbete och prototypstillverkning av enheter som förväntas ingå i acceleratoren. Medel för kommande år bör beviljas då:

- *lokalfrågan* lösts. Det bör ankomma på MAX-laboratoriet, Lunds universitet och byggnadsstyrelsen att verka för att ändamålsenliga lokaler kommer till stånd.
- *medel för drift* av acceleratorsystemet säkerställts. MAX-laboratoriet och Lunds universitet bör inkomma med plan för inrättande av de tjänster som enligt ansökan behövs vid laboratoriet och en plan för finansiering av övrig drift av acceleratorsystemet.

I NFRs brev den 1 juni 1990 till regeringen gav man en utförlig beskrivning av MAX II-projektet och preciserade sitt ställningstagande. Vad gällde drift av acceleratorsystemet och drift av experimentell utrustning sade man:

Rådet noterar att MAX-laboratoriet i forskningspropositionen föreslås få 1,2 Mkr i utökat driftsanslag 1991/92. Därutöver bedömer rådet att det behövs ytterligare 3 Mkr från 1993/94. Dessa medel bör tillföras laboratoriet via fakultetsanslaget genom beslut av regeringen och/eller Lunds universitet.

Behovet av medel för investeringar i kringutrustning vid MAX I beräknas upphöra efter 1993/94, dvs när behovet av medel för utrustning vid MAX II tar sin början. Rådet avser att utarbета en plan för finansiering av experimentell utrustning vid MAX II då behovsbilden konkretiserats. Rådet förutsätter dock att det årliga medelsbehovet ej kommer att överstiga behovet vid MAX I och hyser förhoppningen att Knut och Alice Wallenbergs stiftelse, nordiska samarbetspartners och teknikvetenskapliga forskningsrådet kommer att medverka till finansieringen av utrustningen vid MAX II.

Nu följde omedelbart positiva besked från andra instanser. FRN skrev till RÅ den 7 juni och nämnde att man denna dag beslutat anslå 2 Mkr för projektering av MAX II. Man sade även:

Det är Nämndens övertygelse att det nu skall vara möjligt att initiera denna stora satsning inom svensk naturvetenskap och det är med tillfredsställelse vi avser medverka i uppbyggnaden.

RÅ skrev den 12 juni till UHÄ och tog upp tre punkter: Lokalfrågan, tidplanen och kostnaderna.

Lokalfrågan är avgörande för MAX II-projektet. Därför har RÅ och KBS redan utfört en förstudie och föreslår en nybyggnad på 4530 m² och en ombyggnad på 615 m². Byggtiden för hela projektet uppskattas vara avslutat under 1993.

RÅ framhåller att MAX-lab är en nationell resurs och förutsätter att medel för projektering, investering och hyra prioriteras på nationell nivå.

RÅ är berett att svara för den organisatoriska underbyggnaden och för att en vetenskaplig basverksamhet finns vid universitetet. Utgående från detta anhåller universitetet om

att beslut om medel för fortsatt projektering av lokaler för MAX II fattas snarast,

och att medel för projektets lokalkostnader reserveras.

UHÄ yttrade sig den 28 juni i samråd med byggnadsstyrelsen över RÄs skrivelse. Först konstaterade UHÄ att projektet om det genomförs kommer att bli ett av de mest avancerade teknikvetenskapliga projekt som drivits i Sverige. Sedan berörde de lokalfrågan och ansåg att i detta speciella fall borde särskilda medel anvisas för de utökade årskostnaderna, trots att frågan om hur lokal-kostnader för rådsstödd verksamhet skall hanteras var under utredning. KBS som löpande medverkat i utredningsarbetet kring ansökan uppskattade investeringskostnaderna inkl parkeringsplatser till 68–70 Mkr. Därefter nämnde man att utbyggnaden av MAX-lab kommer att medtagas i UHÄs och KBS prioriteringslista i den kommande höstens anslagsframställningar.

Alla besluten verkade mycket lovande. I påtryckningsarbetet och vid samtalen med de statliga myndigheterna hade MAX-ledningen stor glädje av Lennart Linder-Aronsons erfarenheter. Ändå oroade sig ledningen för lokalfrågan. Man ville inte vänta på att KBS fått uppdraget att projektera MAX II, utan menade att det skulle vara synnerligt värdefullt för projektet och snabba upp en tidplan om projekteringen kunde påbörjas innan direktiven kommit. Ärendet diskuterades vid ett sammanträde som RÄ kallade till i augusti 1990, där representanter från RÄ, utbildningsdepartementet, UHÄ, KBS, FRN, NFR, MNF och MAX-lab var samlade. Vid sammanträdet diskuterades tidplan, finansiering och driftkostnader. Monica Dillner-Thorsson från departementet betonade att finansieringen av projektet skulle kunna underlättas, om en del av kostnaderna kunde täckas inom befintliga ramar eller genom donationsmedel. Torsten Tunebro från KBS betonade att tiden för beslut var mycket kort och att ett byggnadsprogram, som underlag för en fördjupad kostnadsuppskattning måste tas fram. KBS skulle snarast återkomma med tidplan och kostnader för utarbetande av byggnadsprogram till RÄ. Universitetet utlovade att ta fram kompletterande underlag för bedömning av driftkostnaderna och lämna förslag till finansiering av dessa i tid för utbildningsdepartementets beredning i början av oktober.

KBS återkom i september med beskedet att kostnaden för två månaders projektering uppskattades till 750 kkr. Därefter borde underhandsbesked om regeringens ställningstagande föreligga. Samtidigt utlovade man att kostnaderna skulle belasta projektet om det tillstyrkes. I detta läge beslöt RÄ att tillskjuta 750 kkr varav 150 kkr anslagits av länsstyrelsen M-län. Med detta belopp som garanti påbörjade KBS projekteringen. Man kan säga att vi tjuvstartade. I hela denna förberedande process hade vi ett synnerligen gott och förtroendeingivande samarbete med universitetsrektor Håkan Westling och universitetsdirektör Sverker Oredsson. Som redan framgått drevs ärendet initiativrikt och med full kraft av RÄ. I ett brev till mig 901015 från Håkan Westling skriver han:



Fig 48 Håkan Westling, när han håller välkomsttalet vid MAX-labs invigning (1987). Foto: Hagblom-Foto AB.

Broder! Det ser ju bra ut med MAX II. Jag tror *inte* det behövs mer politisk draghjälp. Det är viktigt att *inte* departementet o. dyl. får uppfattningen att vi kan räkna med *donationsmedel till byggnaden*. Vi räknar med underhandsbesked i november. Hj. hälsn. Håkan W.

Nu startade upprättandet av systemhandlingar och ett intensivt och fruktbart samarbete kom igång med arkitekten Mats Österberg och projektledare Rolf Kristoffersson på KBS-S.

Samtidigt skrev MAX-ledningen flera brev till riksdagsman Lennart Petersson från Lund och bad honom påverka beslutsprocessen och till planeringschef Björn von Sydow i stadsrådsberedningen för att informera honom om utvecklingen av MAX II-projektet. Till stadsrådsberedningen hade ledningen även tidigare skrivit i september 1989 för information inför den forskningspolitiska propositionen 1990. Jag tror knappast vi kunde ha varit mycket mer aktiva.

Den av MAX-styrelsen utsedda arbetsgruppen för MAX II gjorde en analys och utarbetade en PM angående ekonomisk planering för att vidareutveckla MAX-lab och bygga MAX II daterat 900921.¹⁴⁴ Kortfattat gav analysen som resultat:

¹⁴⁴ Arbetsgruppen bestod av M Eriksson, B Forkman, I Lindau, L J Lindgren, R Nyholm, L Persson.

*att sju T/A-tjänster måste inrättas fram till bå 95/96,
att varje strålrör behövde en driftbudget på 0,25 Mkr/år inkluderande
servicepersonal,
samt att det utvidgade acceleratorlaboratoriet behövde en utökad bud-
get av 1 Mkr/år för att täcka driften av MAX II-ringen.*

Det av NFR rekommenderade tillskottet à 3 Mkr under bå 92/93
var enligt analysen en riktig uppskattning, men en tredjedel av tillskot-
tet borde utfalla redan bå 92/93 om tidplanen skulle kunna följas.

Spänningen inom MAX-lab steg allt mer under hösten 1990 inför regeringens
beslut. Vid AUs sammanträde den 3 december konstaterade man att en ram-
skrivelse var under utarbetande inom utbildningsdepartementet och den 7
december besökte Björn von Sydow laboratoriet. Vid besöket gav han inget
besked. Vid MAX-styrelsens sammanträde den 13 december förelåg ett för-
handsbesked om att man i budgetpropositionen i januari 1991 kunde förvän-
ta sig ett positivt besked vad gäller byggnaden. Enligt planerna skulle en om-
byggnad av nuvarande lokaler starta sommaren 1991 och den nya byggnaden
påbörjas i juli 1992.

Så kom äntligen beskedet i januari 1991. I regeringens budgetprop. 1990/
91 skriver utbildningsminister Bengt Göransson:¹⁴⁵

För egen del vill jag anföra följande. En utbyggnad av MAX-laboratoriet enligt
det föreliggande förslaget innebär utökade möjligheter för Sverige att bidra till
forskningen och det europeiska forskningssamarbetet inom synkrotronljus-
området. En svensk satsning skulle utgöra en värdefull komplettering till de
insatser som görs på andra håll. Jag återkommer i anslutning till min behand-
ling av lokalförsörjningsåtgärderna för högskolan till frågan om en utbyggnad
av MAX-laboratoriet. Den tillkommande årskostnaden bör bestridas från de
medel som till följd av 1990 års forskningsproposition reserverades för till-
kommande byggobjekt.¹⁴⁶

Driftkostnaden för den utökade verksamheten bör bestridas inom ramen
för de medel som står till förfogande för naturvetenskaplig forskning. Reger-
ingen har genom beslut denna dag uppdragit åt UHÄ och NFR att utreda
vissa frågor rörande de nationella forskningsanläggningarna. I uppdraget ingår
att närmare redovisa hur dessa kostnader skall finansieras.

¹⁴⁵ Regeringens budgetprop. 1990/91:100 bil. 10.

¹⁴⁶ Regerings forskningsprop. 1989/90:90 s. 221.

Projektet kunde starta. Hur kunde det bli beslut så snabbt? MAX I hade ju bara varit igång i drygt 4 år och ändock startades en så kraftig uppgradering. Alla svaren vet jag ej, men ett är tveklöst att MAX II är ett tvärvetenskapligt projekt med många forskare från olika discipliner som var intresserade. Avgörande var NFRs stora intresse, men allra viktigast var att det plötsligt fanns pengar tillgängliga över FRN-ramen för dyrbar utrustning.

Goda råd är dyra

Rubinsteindebatten

Under det att budgetpropositionen för bå 91/92 skrevs utbröt en intensiv och upprörd debatt om svensk fysik. Debatten kallas Rubinstein-debatten och startade i början på december 1990 med en intervjuartikel i DN med professorn i teoretisk fysik i Uppsala Hector Rubinstein. Artikelns rubrik: *Svensk fysikforskning är föråldrad*. I intervjun riktade Rubinstein stark kritik mot i första hand den atom- och kärnfysikforskning som bedrevs i Sverige. Enligt hans mening hade denna forskning bitit sig kvar i de första stegen av atomkedjan. Forskningen kunde liknas vid forskning inom systematisk botanik och hade endast som syfte att kartlägga energinivåer. "Svensk fysikforskning har gått till sömns med sin gloria från en tid som är förbi." Han gjorde jämförelser med fysikforskningen i USA, där 80% av forskningen bedrevs inom fasta tillståndets fysik, partikelfysik och astrofysik medan siffran inom atom- och kärnfysikområdet endast var 17%. I Sverige var motsvarande siffra inom atom- och kärnfysikområdet mer än 50%. Kritiken var speciellt riktad mot CELSIUS- och CRYRING-projekten, som under senare år dragit till sig över 100 Mkr i statliga medel.

Debatten engagerade många och fördes såväl i dagspressen som i flera nummer av NFRs tidning *Rådslaget*. I den senare gick bl a Örjan Skeppstedt, aktiv såväl inom NFR som delegat i CERNs beslutande råd, i svaromål.¹⁴⁷ Han hävdade:

Fysikforskningen i Sverige befinner sig, sett i ett internationellt perspektiv, i ett bra tillstånd med mycket goda utvecklingsmöjligheter. Jag menar att detta gäller fysikområdet i allmänhet och jag vill hävda att det också gäller specifikt

¹⁴⁷ Örjan Skeppstedt *Rubinsteins kritik orättvis – svensk fysikforskning har hög kvalitet!*, Rådslaget Nr 1/91, februari.

för de fyra områden som Rubinstein diskuterar i artikeln – atomfysik, elementarpartikelfysik, kondenserade materiens fysik och kärnfysik.

I sin artikel skrev Skeppstedt:

Det är riktigt att Sverige gjort stora satsningar på acceleratorer för forskning inom områdena kärnfysik och atomfysik genom de två anläggningarna CELSIUS vid The Svedberg-laboratoriet i Uppsala och CRYRING vid Manne Siegbahn-institutet i Stockholm. Dessutom har Sverige satsat mycket pengar, vilket Rubinstein tycks vara omedveten om, i en elektronaccelerator och lagringsring vid MAX-laboratoriet i Lund, där forskning pågår sedan några år. I de dominerande verksamheterna vid MAX, som främst ligger inom kondenserade materiens fysik och i mindre utsträckning atomfysik, utnyttjas synkrotronstrålning, men även kärnfysikforskning förekommer vid MAX. Nyligen har NFR också tillstyrkt medel från den så kallade FRN-ramen och föreslagit en samfinansieringsplan för ytterligare en lagringsring, MAX II, för synkrotronljusproduktion. MAX II motiveras främst för forskning inom kondenserade materiens fysik och kostnaden kommer att vara av samma storleksordning som för CELSIUS och CRYRING.

Därefter diskuterade Skeppstedt NFRs satsning i CERN och hur forskningsprofilen såg ut i Holland och Tyskland, som i stort överensstämde med den svenska. Avslutningsvis berördes Rubinsteins angrepp mot CELSIUS-anläggningen. Det största och dyrbaraste experimentet vid CELSIUS, som håller på att byggas upp med stöd från svenska och utländska källor, är det så kallade WASA-projektet. Till övervägande del motiveras detta projekt av problemställningar inom partikelfysiken.

Rubinsteindebatten kunde knappast påverka MAX II-beslutet. Den kom för sent men trots det fick den betydelse vid MAX II:s uppbyggnad. Debatten följdes av många naturvetare och beslutsfattare och MAX II sågs som en förnyelse inom svensk fysikforskning. Artikeln påverkade sannolikt också diskussionen om avvägningen mellan big science-projekt och annan dyrbar utrustning. Det är också sannolikt att debatten förstärkte önskan från NFR att låta en internationell expertgrupp utvärdera hela den svenska fysikforskningen. Denna utvärderingsprocess startade i juni 1991 och utvärderingen låg klar i april 1992. Vi skall återkomma till utvärderarnas slutsatser.

FRN och big science 1988–99

Sedan budgetåret 79/80 hade FRN tillgång till särskilda medel för dyrbar vetenskaplig utrustning (FRN-ramen). Inom FRN förberedde FINDU (Finansiering av dyrbar utrustning) dessa ärenden. Som huvudsekreterare i NFR fick Carl Nordling 1987 plats i FINDU och likaså Anders Flodström 1991 som huvudsekreterare i TFR (Teknikvetenskapliga forskningsrådet). Genom budgetpropositionen 1983 infördes en regel med innebörden att 25% av FRN-ramen skulle utgöra planeringsnivå för sådan tung vetenskaplig utrustning som sammanhängde med big science. Genom forskningspropositionen 1986/87 avskaffades 25%-regeln efter rekommendationer från FINDU. "Big science" var inte ett särskilt klart begrepp och behovet av verkligt stora satsningar varierade över tiden. Ett motiv för den särskilda utrustningsramen var ju också de samhälleliga prioriteringsproblem som forskningsorganisationens krav på mycket dyrbar utrustning innebar. Schablonregeln omöjliggjorde en saklig avvägning mellan utrustning för storforskning och annan forskning som bedömdes som angelägen.¹⁴⁸ Trots att regeln avskaffades erhöll big science även framöver ungefär samma procentuella del av kakan. Projekten låg helt inom NFRs intressesfär och i praktiken blev det NFR som styrde dessa medel.

Vi har sett vilken stor betydelse big science-tillskottet fick för den naturvetenskapliga forskningen under 80-talet. Medlen innebar att långsiktiga satsningar på CELSIUS-projektet vid The Svedberg-laboratoriet, MAX-lab och CRYRING vid Manne Siegbahn-institutet kunde påbörjas och genomföras. Samtidigt påbörjades uppbyggnaden av de internationella teleskopen NOT på Kanarieöarna, SEST och VLT i Chile. Dessutom fick svensk forskning vid CERN betydande bidrag över FRN-ramen.

Det är värt att konstatera att utan big science-medlen hade det varit i det närmaste omöjligt att bygga upp nationella centra eller att mera omfattande deltaga i internationella storprojekt. Först med dessa medel blev det också möjligt för de statliga instanserna att bedriva aktiv storforskningspolitik och inte enbart lita på stordonatorer och stiftelsemedel. Det goda samarbetet mellan FINDU och K&AW medförde uthålliga storsatsningar och en betydelsefull modernisering av den tunga forskningsutrustningen i Sverige.

Diagram 5 visar hur FRN-ramen för dyrbar vetenskaplig utrustning utvecklades under perioden 79/80-92/93. Beloppen under 91/92 och 92/93 är justerade (x 1,25) för momsbefrielsen för att bli jämförbara med de tidigare.

Detta diagram är av stor betydelse för att förstå att MAX II kunde realiseras så snabbt. Projektet formulerades ju 89/90 och beslut fattades under 90/

¹⁴⁸ Kerstin Hagwall: "Finansiering av dyrbar vetenskaplig utrustning", FRN, 1995-09-08.

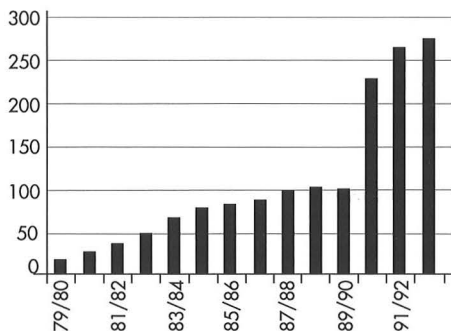


Diagram 5 FRN-ramens utveckling under åren 79/80–92/93 i Mkr. 1991/92 infördes ett särskilt konto för moms inom statsverket. För att få jämförbara belopp från åren före och efter reformen har beloppen fr o m 1991/92 multiplicerats med 1,25. Diagramvärden hämtade från skrivelse "Finansiering av dyrbar vetenskaplig utrustning" Kerstin Hagwall, FRN (950908).

91. Just när beslut skulle fattas fördubblades FRN-ramen för dyrbar utrustning. Ingen kunde förutse detta utom eventuellt finansminister Kjell-Olof Feldt, som avgick i februari 1990, dagarna efter det han presenterat den forskningspolitiska propositionen för närmsta treårsperiod. Kjell-Olof Feldts situation under senare delen av hösten 1989 och i januari 1990 var pressad. Mot Kjell-Olof Feldts krav på systemförändringar och en ny politik krävde många av hans regeringskollegor, på grund av det beräknade budgetöverskottet, medel till utökade sociala reformer. Detta ledde till att finansministern blev allt mer isolerad. I svårigheterna fanns det dock ljuspunkter. I sin uppmärksammade bok *Alla dessa dagar ...* skriver Kjell-Olof Feldt:¹⁴⁹

Som ordförande i forskningsberedningen hade jag tillsammans med beredningens kanslichef Björn von Sydow det övergripande ansvaret för nästa stora forskningsproposition som skulle vara färdig våren 1990. Detta uppdrag innehöll dessutom spännande samtal med människor, som vistades i vetenskapens och universitetens värld, vid de seminarier som forskningsberedningen anordnade, för det mesta på Haga slott. För mig var det en underbar avkoppling att delta i dessa samtal där jag inte var den som förväntades ha svaren eller ge beskedet och fatta besluten. Dessutom tyckte jag att jag fick lära mig nya och väsentliga ting.

Kjell-Olof Feldt hade redan tidigare på ett okonventionellt sätt stött forskningen. Under hot om hårdare vinstbeskattning övertygade han Svenska bankföreningen att 1987–1989 bidra med 200 Mkr per år till vetenskaplig utrustning vid universitet och högskolor. Bankmedlen gynnade framför allt teknisk

¹⁴⁹ Kjell-Olof Feldt: *Alla dessa dagar... i regeringen 1982–1990*, Nordstedt Förlag 1991.

och ekonomisk forskning men även matematisk-naturvetenskaplig forskning fick rejäla bidrag.¹⁵⁰

Om man har ett bra projekt, som berör många forskare och som är väl genomarbetat och om dessutom en internationell expertgrupp har utvärderat det starkt positivt och om det även råkar finnas pengar tillgängliga, då har man goda förutsättningar att skriva vetenskapshistoria. Tre år senare var förutsättningarna helt annorlunda med minskande resurser särskilt till storforskningsprojekt.

Vi har tidigare sett vilka storforskningsprojekt som ingick i FRNs planering för budgetåren 83/84 – 87/88. Det kan också vara av intresse att se vilka storforskningsprojekt som FRN stödde under budgetåren 87/88–95/96.¹⁵¹ I tabell 7 ser vi att de projekt som fick störst anslag var MAX-lab, TSL och experiment vid CERN. Dessa projekt fanns ju med redan från början men nu finns också MSI på listan. De stora datorsystemen drar till sig allt mer FRN-medel. Även Karolinska institutet, KI, får storforskningsmedel.

Trots den gynnsamma anslagsutvecklingen under perioden 90/91–92/93 hamnade FRN i stora svårigheter. Från december 1991 till februari 1992 arbetade nämnden mot bakgrunden av regeringens förslag att den skulle avvecklas per den 1 juli 1992. Riksdagen beslöt dock i början på april 1992 på förslag från ett enhälligt utbildningsutskott att avvecklingen inte skulle ske och att nämnden skulle fortsätta sin verksamhet i oförändrad form.

Finansieringssystemet förändrades under perioden. FRN-ramarna avskaffades vid halvårsskiftet 1993 och ersattes av ett särskilt anslag *Medel för dyrbar vetenskaplig utrustning* som disponerades av FRN. Samtidigt ökades forskningsanslagen till NFR, TFR, MFR, HSFR, FRN och Rymdstyrelsen. FRN fick för dyrbar vetenskaplig utrustning 110 Mkr per år under en treårsperiod och råden tillfördes likaså sammanlagt 110 kkr för utrustning som kostade mindre än 2 Mkr. Det skedde även en omläggning av budgetåret vilket medförde att budgetåret 95/96 blev förlängt till att omfatta 1,5 kalenderår.

På grund av tidigare lämnade garantier måste FRN reservera 64 Mkr av de tilldelade 110 Mkr inom 93/94 års särskilda utrustningsanslag. Dessutom hade FRN lämnat liknande garantier på sammanlagt 48 Mkr för åren 93/94–94/95. Detta innebar att många av de utrustningsanslag som FRN beviljat i juni 1993 inte kunde betalas ut förrän ett år senare.¹⁵²

¹⁵⁰ Under hösten 89 fick synkrotronljusavdelningen (fysiska institutionen) ett utrustningsanslag från Skånska Banken på 3 Mkr.

¹⁵¹ Tabellmaterialet är hämtat från:

”Anslagsframställning 1993/94 – 1995/96 för FRN” (bå 87/88-89/90), Dnr 920530:1.

”Huvudbilaga till Fördjudad Anslagsframställning för FRN 1997-1999” (bå 90/91-95/96), Dnr 960037:1.

¹⁵² Vi skall om ett tag se att MAX-lab av denna anledning hamnade i stora svårigheter inför bå 93/94 men att extraordinära medel från LU och NFR räddade situationen.

Tabell 7 FRNs bidrag till big science projekt under 87/88 – 95/96 i Mkr

Projektanläggning	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	Sum.
Celsius, TSL	16,3	10,7	2,1	6,7	2,0					52,3
Wasa, TSL		3,3	0,2	0,2	2,4	2,2	4,6		1,6	
CERN projekt	6,3	2,2	4,4	4,6	6,0	4,8	0,6	4,4	9,9	43,2
CRYRING/CRYSIS, MSI		6,1	1,9	3,7	1,6		1,4			14,7
Eiscat Svalbard Radar							5,0	4,0	4,0	13,0
EUROBALL						6,1	3,0	3,5	4,8	17,4
EXTRAP, KTH			2,0	5,5	3,2	1,6	1,4			13,7
MAX I		4,2	5,2	8,3	5,0	7,8	1,0			
MAX II				2,0	7,2	8,2	11,8	11,9		101,6
MAX II detektorer						1,0	8,0	5,0	15,0	
OSO			0,7	1,5	1,6	3,6	1,6			9,0
MR-centrum, KI					6,0	6,0				12,0
Paralleldatorcentrum					2,0	4,7	0,8	8,0	7,0	22,5
Superdatorcentrum				0,4	1,8			5,0		7,2
SUMMA	22,6	26,5	16,5	32,9	38,8	46,0	39,2	41,8	42,3	306,6

Ytterligare förändringar i finansieringssystemet infördes inför 1998. I stället för att lämna utrustningsbidrag skulle FRN framöver betala räntor och amorteringar på de lån som de mottagande högskolorna tog upp i Riksgäldskontoret för att finansiera den beviljade utrustningen. Detta medförde att investeringskostnaderna sköts på framtiden och ledde därmed till betydande svårigheter för FRN att fatta långsiktiga beslut, eftersom staten inte var beredd att ge långsiktiga garantier. På grund av gamla givna garantier och med ett minskat anslag på 25% begränsades FRNs möjligheter till nysatsningar.

Utfallet för MAX-lab blev trots dessa svårigheter gynnsamma. Under 1997 erhöll laboratoriet 12 Mkr för flyttning av strålrör från MAX I till MAX II och för uppbyggnad av nytt strålrör och under 1998 erhöll MAX-lab och utrustning knuten till laboratoriet 10% av FRNs totala medel för högpresterande datorsystem och dyrbar vetenskaplig utrustning som uppgick till ca 100 Mkr. Inför 1999 reserverade dessutom FRN 25 Mkr till uppgradering av MAX-anläggningen med motiveringen att det var ett av de högst prioriterade projekten inom forskarvärlden. FRN storsatsning under 90-talet var därmed den nationella forskningsanläggningen MAX-lab, som under perioden fick närmre 150 Mkr i stöd från FRN.

NFR och MAX, MSI, OSO samt TSL under 90-talet

Nationella forskningsanläggningars organisation

Ända sedan MAX-lab 1981 blev nationell forskningsanläggning låg det fram till halvårsskiftet 1994 administrativt under MNF. Detta hade klara fördelar men också nackdelar. MNF stödde aktivt uppbyggnaden av laboratoriet från tidigt 80-tal både i ord och handling. Man skapade professuren i acceleratorfysik och både professuren och docenturen i synkrotronljusfysik med tillhörande rörliga medel och man prioriterade verksamheten i sin planering. Men det fanns också bekymmer. Det var inte alltid lätt för fakulteten att skilja mellan nationell facilitet och lokala forskningsprojekt. Det var också svårt att hantera alla de kostnadsförändringar som skedde under sent 80-tal och 90-tal som kunde slå olika för den nationella faciliteten och de lokala institutionerna. Svårigheter uppkom inte minst då man blev tvingad att göra besparingar. Det är lättare att göra besparingar vid väl etablerade institutioner än vid en forskningsanläggning under snabb utveckling.

I dag är förvaltningsavgiften för varje externt anslag i huvudsak accepterad inom högskolevärlden och det med rätta men när den fulla kostnadsteckningen infördes var det svårare att alltid godta den. Då MAX-lab fick förstärkningsanslag för uppbyggnaden ville vi gärna se att de anvisade medlen gick ograverade till sitt ändamål och inte att MNF därur skulle få medel för att expandera sitt

kansli eller bekosta botanisk trädgård. MAX-lab klarade sig dock relativt bra under denna tid mycket beroende på att lönedelen av budgeten (bå 90/91) låg vid låga 70%.

Även den stora mångfalden av instanser, som MAX-ledningen måste lära sig att kommunicera med, såväl på lokal som nationell nivå komplicerade livet. Det var hög tid för de nationella forskningsanläggningarna att få en förbättrad organisation och en tydligare ekonomisk struktur. De svårigheter vi upplevde vid MAX var ännu större vid TSL och de klagoskrifter som de och vi producerade nådde till departementets kännedom. I regeringsbeslut i december 1990 uppdrogs det åt UHÄ och NFR att analysera de nationella forskningsanläggningarna med avseende på resursbehov, koncentrationsfördelar och anslagsfördelningsteknik. UHÄ och NFR utsåg i april 1991 Ingvar Lindgren, CTH, till utredare.

Utredningen *Nationella forskningsanläggningar och nationella forskningsresurser* låg klar i februari 1992.¹⁵³ I utredningen preciserades först kraven på när en anläggning skall kunna klassificeras som nationell forskningsanläggning.

Verksamheten skall vara av hög internationell klass och det nationella och ev internationella utnyttjandet skall ha tillräcklig omfattning. Nationella forskningsanläggningar inrättas av regeringen och de skall vara organisatoriskt knutna till ett universitet eller en högskola som har förvaltnings- och arbetsgivaransvaret. Varje anläggning skall ledas av en styrelse vars sammansättning och tillsättning diskuterades.

Lindgren gjorde en grundlig genomgång av de olika problemområdena vid de vid denna tid existerande nationella forskningsanläggningarna (TSL, MAX-lab, OSO och NSC dvs nationella superdatorcentret i Linköping) och föreslog att dessa t v skulle förbli sådana och att även CRYRING-laboratoriet vid MSI borde tillhöra denna grupp samt att man också borde pröva om Neutronforskningslaboratoriet i Studsvik, NFL, skulle erhålla samma status.

Han föreslog att anslag för driften av de nationella forskningsanläggningarna tilldelades forskningsråden, som sedan skulle fördela anslaget mellan anläggningarna efter beredning i ett nyinrättat samrådsorgan mellan forskningsråden. För varje nationell anläggning skulle ett ansvarigt forskningsråd utses med ansvar för de vetenskapliga bedömningarna. Relationen mellan ansvarigt forskningsråd, värduiversitetet och forskningsanläggningen skulle regleras i ett avtal som även berörde en ev avveckling av anläggningen.

Utgående från dessa förslag utarbetade Lindgren en ekonomisk modell. För de existerande forskningsanläggningarna borde NFR tilldelas ett gemen-

¹⁵³ *Nationella forskningsanläggningar och nationella forskningsresurser* (Ingvar Lindgren), NFR ISBN 91-546-0333-1, UHÄ 1992:5, februari 1992.

samt driftsanslag som beräknades till 67,9 Mkr i kostnadsläge 910101. Detta inkluderade dåvarande statliga anslag till dessa anläggningar. Vidare ingick viss uppräknings av anslaget till MAX-lab för om- och tillbyggnad av MAX II och vissa andra angelägna anslagsökningar samt en buffert på 5 Mkr, avsedd för temporära anslag till anläggningarna. Lokalkostnader och kostnader för el och vatten bröts ut och borde ligga kvar på värduniversitetet. I den föreslagna modellen ankom det på NFR att efter samråd med övriga berörda forskningsråd fördela de beviljade medlen mellan anläggningarna.

Lindgren såg flera fördelar med den nya modellen:

- Endast forskningsråden besitter den vetenskapliga kompetens som erfordras för att bedöma verksamheten i dess helhet vid de nationella forskningsanläggningarna.
- I den föreslagna modellen ställs de nationella forskningsanläggningarna mot varandra och konkurrerar inte direkt med enskilda institutioner eller forskares behov inom berörd fakultet.
- I det föreslagna samrådsorganet kommer det att föreligga viss konkurrens mellan forskningsrådsområden om medlen för dessa anläggningar.
- Den föreslagna modellen förbättrar möjligheterna till samplanering och drift av de nationella forskningsanläggningarna och det underlättar samordning av nationell och internationell verksamhet.

Den lindgrenska utredning mottogs klart positivt av fakultet, universitet och forskningsråd, även om FRN gärna såg att den fick behålla ansvaret för det gemensamma anslaget till de nationella forskningsanläggningarna. Forskningspolitiska propositionen 92/93 ledde till principbeslut om den nya organisationen för de nationella forskningsanläggningarna.¹⁵⁴ Beslutet fullföljdes i budgetpropositionen jan 94, där ansvaret för TSL, MAX-lab och OSO för om halvårsskiftet 1994 fördes till NFR. Superdatorcentret NSC fördes till en särskild organisation och lämnade därmed gruppen av nationella forskningsanläggningar. Frågan om MSIs status sköts fram ett år, men därefter fördes institutet till gruppen.

Finansieringen av anläggningarna ändrades dock från det lindgrenska förslaget där anläggningarna förutsattes få ett eget anslag. Regeringens förslag innebar att rådet skulle avväga resurserna för nationella anläggningar mot sina övriga projektmedel.

MAX-lab fick ny förordning efter omorganisationen.¹⁵⁵ Förordningen skilj-

¹⁵⁴ *Forskning för kunskap och framsteg*, prop. 1992/93:170.

¹⁵⁵ Förordning om den nationella forskningsanläggningen elektronacceleratorlaboratoriet (MAX-laboratoriet) i Lund, SFS 1994:946.

de sig på några väsentliga punkter från tidigare förordning. Laboratoriet är placerat direkt under RÄ. Efter samråd med universitetet inger NFR anslagsframställning för laboratoriet till regeringen. Styrelsen består av ordförande och sex andra ledamöter. Samtliga utses av styrelsen för universitetet. Två ledamöter utses efter förslag av NFR och två efter förslag av användarna av MAX-lab. Föreståndaren för laboratoriet utses av laboratoriets styrelse. Den nya organisationen blev mer slimmad men tyvärr innebar detta att T/A-personalen och forskarstuderandena förlorade sina representationer i styrelsen, något som dittills betraktats som självklart och värdefullt för såväl forskning som drift.

Utvärdering av svensk fysikforskning 1992

NFRs internationella utredningar hade blivit en förebild inom många andra områden av svensk verksamhet. Själv fortsatte NFR på den inslagna vägen. Vi har sett hur den internationella expertgruppens uttalanden om MAX II-projektet röjde väg för ett positivt beslut. Naturligtvis fanns det också kritiska röster som menade att *som man ropar i skogen får man svar*. Något kan det ligga i den kritiken. Utvärderingarna blev även i andra sammanhang vägröjare för förslag som man gärna såg inom NFR.

I NFRs stora utvärdering 1992 om svensk fysikforskning ville man gärna neutralisera den negativa kritik som framfördes i Rubinsteindebatten.¹⁵⁶ Den upprättelsen erhöll man också. Den acceleratorbaserade inhemska forskningen fick många lovord. Om TSL och MSI skrev man bl a:

Acceleratorteknologin har gjort dramatiska vinster genom att introducera olika typer av strålkylningsteknik i lagringsringar. Sådana cirkulerande strålar öppnar fullständigt nya experimentella möjligheter, som kommer att utnyttjas under nästa decennium. The Svedberg-laboratoriet med CELSIUS kan komma att spela en ledande roll i utvecklingen av denna teknik för unik forskning i mediumenergetisk kärnfysikforskning och i lättjonfysik. CRYRING vid MSI kommer att erbjuda liknande möjlighet för studium av växelverkan mellan högt joniserade atomer och elektroner och atomstrålar eller laserstrålar.

OSO beskrevs med berömmande ord:

Onsala rymdobservatorium har blivit en viktig kraft inom radioastronomin

¹⁵⁶ *International Evaluation of Swedish Research in Physics*, NFR, april 1992. Utredningskommittén bestod av Alexander Bradshaw, Tyskland, Nicola Cabbibo, Italien, Alexander Dalgarno, USA, Paul Kienle, Tyskland, Norman F Ramsey, USA, John Wilkins, USA och som ordförande Lennart Ebersson.

och har besatt en ledarposition inom millimeter- och submillimeter-radio-vågsobservationer.

Vad beträffade MAX-lab konstaterade man att laboratoriet nyligen inneburit en betydande förstärkning av den kondenserade materiens fysik i Lund och i själva verket i hela Sverige. Därefter gav man följande rekommendationer:

MAX-laboratoriet bör inrättas som en centralt bekostad nationell facilitet med tillräckliga medel för personal och resurser för att uppnå optimal användning av både MAX I och MAX II. Ett beslut bör snarast fattas om bekostandet av instrumenteringen för MAX II. Med hänsyn till behovet att utnyttja framgångarna vid MAX I och för att fortsätta att vara internationellt konkurrenskraftiga krävs ett belopp av minst 100 Mkr.

I kommitténs rapport redovisades en mycket värdefull statistik över forskartjänster, ekonomi och publikationer. Kommittén konstaterade med intresse att den svenska procentsatsen av publicerade artiklar i världen inom områdena biomedicin, klinisk medicin och biologi låg på ca 2%, medan motsvarande siffror för fysik, kemi och teknik låg på omkring 1%. Utgående från dessa siffror och annan statistik lämnade expertkommittén en serie rekommendationer.

- Det behövs ökat stöd till fysikområdet. Anledningen är att området i Sverige får mindre stöd än i andra länder jämfört med motsvarande stöd till ämnen som biologi och medicin. Detta gäller såväl storlek som kostnader/person. Därför kan inte kravet på stöd till nya fysikområden uppfyllas enbart genom omfördelning av tillgängliga medel inom fysiken. Nya tillskott krävs.
- Det behövs resurser till modernisering och upprustning av fysikinstitutionerna i landet och också medel för att skapa nya forskningsinstitutioner.
- Svenskt engagemang i internationella fysik- och astrofysikfaciliteter är nödvändigt för att upprätthålla starka internationella kontakter inom fysikens frontlinjer.
- Ansvar för de nationella faciliteterna i Sverige vad gäller organisation och finansiering bör ligga på ett forskningsråd i överensstämmelse med lindgrenrapporten. Vägar måste sökas för att undvika lågbudgettänkande. Allt för ofta leder detta till förlängd konstruktionsperiod av byggnader och utrustning och ineffektiv drift av sådana faciliteter.

- Det finns ett stort behov av att förbättra den akademiska forskarkarriären och göra den internationellt konkurrenskraftig.
- Det finns ett behov av startupp pengar av rimlig storlek för nya upptäckter och även medel för kontinuerligt stöd till framgångsrika grupper.

Utvärdering av de nationella forskningsanläggningarna 1997

I samband med att NFR fick det ekonomiska huvudansvaret för de nationella forskningsanläggningarna fick rådet också i uppgift att noga följa verksamheten vid anläggningarna och regelbundet utvärdera pågående aktiviteter. I enlighet med detta lät NFR 1997 en internationell expertgrupp utvärdera verksamheterna vid MAX-lab, MSI, OSO och TSL.¹⁵⁷ Rapporten från denna utvärdering är ett viktigt dokument eftersom de nationella anläggningarna dels konkurrerar inbördes med varandra och dels konkurrerar med andra forskningsprojekt inom hela NFRs område.¹⁵⁸ Här ges ett kortfattat sammandrag av evalueringsrapporten för MAX-lab och för de övriga nationella anläggningarna. Rapporten var uppdelad i expertgruppens värderingar och styrgruppens rekommendationer.

Expertgruppens värderingar

MAX-lab

MAX-lab har utfört en serie framstående vetenskapliga prestationer inom området synkrotronstrålningsvetenskap. Användarna är bland de världsledande, speciellt inom ytvetenskap och atom- och molekylvetenskap. Även acceleratorfysik- och driftgruppen vid MAX-lab är ytterst internationellt erkänd.

Vi finner att det pågående vetenskapliga programmet är väl motiverat och

¹⁵⁷ Expertgruppen, som var uppdelad i fyra subgrupper angivna inom parantes, bestod av professorerna Gordon Berry (MSI), Larry Cardman (TSL), Alexander Dalgarno (MSI, OSO), Franz Himpsel (MAX), James Moran (OSO), Reihard Morgenstein (MSI), Volker Saile (MAX), Rolf Siemssen (TSL), Neville Smith (MAX), Eric Vogt (TSL) och Tom Wilson (OSO). Kärnfotoprogrammet vid MAX evaluerades av TSL-gruppen. Som styrgrupp för hela utvärderingen verkade som ordförande prof. Jens Fenstad (mat inst, Oslo), dr Olle Edqvist (Strategisk forskning och medlem i KONFA) och prof Ove Poulsen (ministeriet för forskning och informationsteknologi, Köpenhamn). KONFA betyder NFRs kommitté för nationella forskningsfaciliteter.

¹⁵⁸ *International Evaluation of Swedish National Facilities*, NFR april 1997.

synnerligen produktivt. Vi rekommenderar icke desto mindre att MAX-labs ledning och användarförening kraftfullt söker efter nya utvecklingsvägar.

MAX II-projektet har hållit både tid- och budgetplaner. Detta har inneburit en heroisk insats av ett litet arbetslag. Ett antal smarta konstruktioner medförde en kostnadseffektiv, 3:e generationens ljuskälla. De uppställda nyckelspecifikationerna, som driftenergi, lagrad ström och emittans kunde uppnås.

MAX-lab har en utmärkt ledning och en slimmad organisation. Expertgruppen observerar med tillfredsställelse användarföreningens aktiva inställning att informera allmänheten om värdet av naturvetenskap. Lunds universitets mycket aktiva stöd har varit, är och kommer att vara av avgörande betydelse för MAX-labs framgång. Andra svenska universitet tar sitt ansvar genom att placera ett tiotal forskare vid anläggningen och stöder därmed driften av den.

Expertgruppen rekommenderar starkt att NFR anpassar MAX-labs driftbudget till det ökande antalet användare och strålrör och till driften av MAX II. Gruppen ställer sig bakom den vetenskapliga visionen föreståndaren för MAX-lab hyser om en utvidgning av pågående program inom atom- och molekylfysik, ytfysik, ytkemi och kondenserade materiens fysik, om påbörjandet av studier inom strukturbologi, proteinkristallografi i samarbete med läkemedelsindustri och om utvecklingen av mikrofabrikation, röntgenlitografi-tunnfilmsteknik och konstgjorda strukturer.

Gruppen förordar en uppgradering och ersättning av injektorsystemet och är övertygad om att detta bör ske inom snar framtid.

Vad gäller det kärnfysikaliska programmet, som utvärderades av TSL-gruppen, fick även detta många lovord. Enligt gruppen har kärnfotogruppen funnit en unik nisch inom energiområdet 10 till 75 MeV vid studier med monokromatiska fotoner, som kompletterar andra anläggningar vid högre energier. Kärnfotogruppen och deras internationella samarbetspartners har utvecklat effektiva verktyg för forskning och är väl rustade inför framtiden.

Kärnfotogruppen vid MAX-lab har en lång och stark tradition av högproduktiv forskning inom kärnfysik av utomordentlig klass. Listan av publikationer och forskarstudenter är verkligen iögonfallande.

Gruppen konstaterar att kärnfotoprogrammet är anmärkningsvärt kostnadsförmånligt (liksom hela MAX-programmet). Om man skulle bygga upp en liknande anläggning från nolläge och driva den effektivt skulle det kosta många gånger den lilla delen belastar MAX-labs budget. Den föreslagna uppgraderingen av injektorsystemet vid MAX till högre energier kommer att öka kärnfotoprogrammets möjligheter.

The Svedberg-laboratoriet

Med kombinationen CELSIUS och WASA har TSL ambitionen och möjligheten att utföra kärnfysikforskning av världsklass. Modern kärnfysik har antagit utmaningen att förstå system som styrs av den starka växelverkan (kvarkarnas QCD-växelverkan). För detta krävs ny utrustning och TSL kan spela en unik roll i detta sammanhang. Detta beror på WASAs möjligheter att detektera och identifiera fotoner samt leptonpar och andra laddade partiklar. Av speciellt intresse är möjligheterna att studera olika typer av mesonproduktion i pp- och pn-kollisioner och studera sällsynta mesonsönderfall – speciellt η -sönderfall.

Expertgruppen är väl införstådd med svårigheterna för TSL att uppnå optimal vetenskaplig produktion i ett finansieringssystem där finansieringen av WASA-detektorn ligger utanför laboratoriets budget. Samtidigt faller det vetenskapliga programmet mellan två stolar eftersom forskningsanslagen delas upp i två områden, kärnfysik och högenergifysik. Detta har skapat en kris, där möjligheterna till utomordentlig forskning hamnar i riskzonen. För att finna en lösning på problemet rekommenderar gruppen att TSL-ledningen uppnår en bättre balans mellan löner och medel till utrustning och uppgraderingar. Samtidigt är det viktigt att ledningen inte får så stor kontroll över medlen till instrumentering att den kan diktera det vetenskapliga programmet.

Kostnadseffektiviteten hos TSL är anmärkningsvärd. Med endast en bråkdel av de medel som utnyttjas vid motsvarande internationella anläggningar har man lyckats skapa en facilitet av världsklass.

I slutsatserna kring TSLs framtid skriver gruppen att TSL är extraordinärt väl lämpad för förstklassisk fysik inför nästa decennium. De vetenskapliga möjligheterna med kombinationen av CELSIUS och WASA kan rankas bland de allra bästa i världen. Därför rekommenderas att TSL, UU och NFR gör allt som går att göras så fort som möjligt för att få WASA färdigt. De vetenskapliga möjligheterna med WASA är större än någonsin.

Manne Siegbahn-institutet

Kombinationen av elektronstråle-jonkällan CRYDIS och lagringsringen CRYRING gör denna anläggning till en unik facilitet inte bara i Europa utan i hela världen. Dessutom kan man påstå att MSI har lyckats att driva kombinationen på ett mycket konkurrenskraftigt sätt. Faktum är att elektronkylningen har fulländats och placerar forskarna i en mycket gynnsam situation.

Forskningsaktiviteten förtjänar verkligen namnet utomordentlig. Till detta kommer att verksamheten bedrivs på ett systematiskt sätt i nära samarbete med teoretiker, vilket innebär att informationen från experimentella data används för att testa teorin. Ledningen för MSI är åtminstone ett steg avlägset

från forskningsprogrammet vid anläggningen. Detta innebär att förmågan att anpassa sig till ny forskningsutveckling kan sättas ifråga.

Expertgruppen lämnar följande rekommendationer inför framtiden. MSI skall fortsätta sin centrala roll att utveckla faciliteten för studier av jonprocesser, där man till fullo utnyttjar den unika kombinationen av jonkällor och lagringsring. Särskilt bör man inrikta sig på molekylär jonfysik och jonkemi och på rekombinationen av multipeljoniserade system. Experimenten med atomära och molekylära joner kan förbättras med förstärkt adiabatisk kylning med en supraledande magnet i ytterligare en elektronkylare.

Gruppen rekommenderar att MSI studerar hur man synliggör anläggningen och attraherar utländska forskare. Driftgruppen bör kunna reduceras något när väl utvecklingen av CRYRING kommit in i en mera driftsäker fas där målet är att koncentrera sig mer på användarnas behov än på stora uppgraderingar. Samtidigt är det nödvändigt att NFR inser det kontinuerliga behovet av uppgradering för att följa utvecklingen inom lagringsring- och dektorteknologi.

Onsala rymdobservatorium

OSO består av två radioteleskop vid Onsala och SEST-radioteleskopet i Chile. Vi finner att Onsala är avgörande för utvecklingen av nya mottagarsystem vid SEST. SEST-anläggningen skulle definitivt vara mycket mindre effektiv utan den fortsatta existensen av Onsala 20-m teleskopet. Dessutom är Onsala-anläggningen nödvändig för utbildning av studenter och för att behålla den höga profil som CTH har inom grundforskning. 25-m teleskopet är också betydelsefullt och behövs i europeiska och vissa interkontinentala VLBI-experiment (Very Long Baseline Interferometry) och också vid storskalestudier av spektrala emissionslinjer från vår galax.

Förutom de stora radioteleskopen finns det dessutom ytterligare två viktiga aktiviteter i Onsala. Den första är GBS-forskning (Global Positioning System) och den andra radioaerometristudier, där signaler från atmosfären studeras. Båda dessa forskningsområden är betydelsefulla i sig själva som forskningsprojekt och visar att den grundforskning som bedrivs i Onsala har direkt relation till forskning som är samhällstillvänd.

Utvidgningen av forskningsprogrammen mot rymdbaserad utrustning är mycket värdefull. Satellitprojektet ODIN använder motagarteknologi som utvecklats för Onsala och SEST och den vetenskapliga målsättningen är en direkt utvidgning av forskningsprogram vid jordbaserade anläggningar som de vid Onsala och SEST.

Det nära samarbetet med CTH är synnerligen betydelsefullt. Tillgången till Onsala är en viktig del i utbildningen av radioastronomer där de tidigt i

karriären får tillgång till en internationellt konkurrenskraftig anläggning i världsklass. Expertgruppen observerar med glädje att det var unga studenter som stod för presentationen av forskningsprogrammen vilket visade på Onsala-stabens vitalitet.

Kostnaderna för hela OSO är anmärkningsvärt låga. Detta gäller såväl för SEST som för Onsala. Anpassningsförmågan vid observatoriet och dess stab mot ny forskning är stor, mycket beroende på det energiska ledarskap som föreståndaren Roy Booth besitter. Inför framtiden bör OSO fortsätta att inrikta sig på astronomiforskning med de två teleskopen vid Onsala och SEST och på att utveckla instrumenteringen vid alla tre teleskopen. Expertgruppen applåderar det kreativa utnyttjandet av teknik inom radioastronomi för forskning inom geodesi och atmosfärforskning.

Styrgruppens rekommendationer

Efter det expertgrupperna lämnat sina utvärderingar gjorde styrgruppen för evalueringen vissa sammanfattande uttalanden om de fyra anläggningarnas huvuduppgifter, om andra uppgifter av typ skicklighet med instrumentering, utbildning och forskningsträning och engagemang i internationellt samarbete. Man gjorde också uttalanden specifikt gällande de enskilda anläggningarna.

MAX-lab

MAX-lab är den enda av de fyra anläggningarna som är en nationell facilitet i den mening att den erbjuder en plattform eller service för skilda forskargrupper vid olika svenska och utländska universitet. Den har därför ingen egen vetenskaplig målsättning till skillnad från de andra anläggningarna. I första hand har anläggningen uppgiften att ge service medan användarna i huvudsak definierar den vetenskapliga målsättningen.

Med begränsade resurser är det extremt viktigt att laboratoriet gör klara prioriteringar och koncentrerar utvecklingsprogrammet till att få nya strålrör på plats, låter fler användare få tillgång till anläggningen och breddar forskningsprogrammet mot kemi, strukturbologi, mikrobiologi och nanoteknologi. En speciell utmaning är behovet att inbjuda användare från farmaceutisk industri, halvledarindustri och andra industriella områden. Även andra användare bör inbjudas på kommersiell basis.

Kärnfysikprogrammet vid MAX är av mindre nationell betydelse än TSL-programmet. I en starkt begränsad ekonomi kan det bli nödvändigt att skära ner detta forskningsprogram. Programmet kan inte i sig motivera en uppgradering av injektorsystemet.

Laboratoriet måste ha resurser för att underhålla befintlig utrustning och

utföra nödvändiga förbättringar. MAX-lab har blivit en större anläggning än för några år sedan och det verkar som om den är nära gränsen för underfinansiering. Slutligen observerar styrgruppen med tillfredsställelse det starka stöd som LU ger. Detta stöd är av vital betydelse inför framtiden.

The Svedberg-laboratoriet

Styrgruppen understryker att CELSIUS/WASA är en unik anläggning i världsklass. Anläggningen är väl lämpad för forskning av högsta kvalitet. Gruppen rekommenderar att dessa möjligheter kraftfullt utnyttjas för att skörda fullt ut de vetenskapliga frukter som är inom räckhåll. För att uppnå detta måste detektorerna ingå som en del av CELSIUS-anläggningen, som därmed utvidgas. NFR måste ta upp denna mycket viktiga fråga till ny behandling.

TSL-ledningen bör överföra sina befintliga resurser från en teknisk driftorganisation till en vetenskaplig sådan. NFR bör förhandla fram ett kontrakt med UU för att TSL skall uppnå sin målsättning.

Manne Siegbahn-institutet

MSIs nationella laboratorium skapades med visionen att utföra unik jonfysik. Dessa möjligheter har redan demonstrerats. Styrgruppen understryker expertgruppens rekommendationer och menar att MSI skall fokusera sin verksamhet på att ännu intensivare vetenskapligt utnyttja anläggningen inom sin jonfysik-specialitet. NFR uppmanas att noga utvärdera nya aktiviteter innan man fattar beslut om en utvidgad verksamhet vid MSI. Även organisationen bör studeras där den traditionella universitetsstrukturen får vika för ett större inflytande från samarbetande universitet.

Onsala rymdobservatorium

Onsala-observatoriet är en målinriktad forskningsfacilitet med mycket klar inriktning och ett starkt ledarskap. Det har en ganska liten användargrupp och betjänar huvudsakligen forskare från CTH. Observatoriets status som nationell forskningsfacilitet är baserat på de vetenskapliga prestationerna och på dess roll för svenskt internationellt deltagande speciellt med avseende på SEST

Verksamhetens två huvudområdena är radioastronomi och geodesi. Radioastronomi är helt avgörande för observatoriets existens och har en betydelsefull funktion för svensk kultur och utbildning. Inriktningen inom geodesi har stor praktisk betydelse för samhället och är samtidigt vetenskapligt intressant.

Redan om 4–5 år bör det göras en grundlig översyn över framtida utveckling av anläggningen. Frågor bör ställas om OSOs roll i förhållande till inter-

nationella forskningsfaciliteter och dess relation till CTHs prioriteringar både vad gäller forskning och forskarutbildning. Styrgruppen uppmanar att NFR förhandlar fram ett kontrakt med CTH för att OSO skall utföra sin uppgift.

Kommentarer om struktur och finanser

Styrgruppen gör till slut vissa kommentarer om strukturer och finanser och lämnar därefter en serie rekommendationer:

- Ett mera långsiktigt kontrakt mellan NFR och värduniversitetet upprättas. I detta skall det framgå anläggningens övergripande målsättning. Varje förändring eller utvidgning måste godkännas av såväl NFR som värdinstitutionen.
- Kontraktet skall fastlägga det ansvar som anläggningen har vad gäller utbildning och forskningsträning och föreskriva nödvändiga resurser.
- Kontraktet skall innehålla en grundlig och klar finansiell plan.
- Ledningsstrukturen vid anläggningen och värdinstitutionens ansvar skall tydligt specificeras.
- Kontraktet skall verka för periodiskt återkommande utvärderingar av anläggningen.
- Det skall finnas ett slutdatum för kontraktet. Varje förlängning förutsätter ett oberoende beslut av NFR med hänsyn till följderna.

Ekonomisk utveckling under 90-talet

Den 1 juli 1993 tillträdde Gunnar Öquist som NFRs huvudsekreterare efter Carl Nordling och innehade denna position fram till årsslutet 1999 då han efterträddes av Kåre Bremer. Han ställdes nästan omedelbart inför nya strukturproblem. Regeringens krav på forskningsråden att prioritera inom givna ramar för att nå uppställda mål var klart uttalat. Vid avvägning av resurser mellan olika ämnesområden måste NFR därför ännu starkare beakta en mängd faktorer, som områdets speciella behov, kravet på uthållighet och långsiktighet, den nationella och den internationella utvecklingen och styrkan i argumenten för angelägna nysatsningar.

Regeringsskiftet hösten 1994 medförde delvis nya forskningspolitiska signaler och hot om kraftiga besparingar i forskningsrådets anslag. Inrättandet av de nya forskningsstiftelserna välkomnades naturligtvis men skapade viss osäkerhet, inte minst genom den starka koppling som skedde mellan besparingar i rådets anslag och de medel som stiftelserna fick disponera. När besparingarna väl trädde i kraft uttalade utbildningsminister Carl Tham klart att nedskärningarna i huvudsak skulle kompenseras med medel från forsknings-

stiftelserna. Som vi vet gick det dock ej för staten att ta kontroll över medlen eftersom det rörde sig om privata stiftelser.

Gunnar Öquist skrev i NFRs årsredovisning 95/96:

Arbetet i råd och utskott komplicerades också av att riksdagen beslutade om att skära ned rådets stöd till naturvetenskaplig och matematisk grundforskning med ca 14% eller 85 Mkr.

Detta var första gången som rådet erhöll en kraftig nominell nedskärning av sin forskningsbudget även om rådets reala resurser successivt minskat alltsedan 1992/93. Tongångarna blev ännu allvarligare i årsredovisningen för 1997. Här skrev Öquist:

Hur hanterar vi nedskärningar så att forskningen inte skadas? Detta är den fråga som stått i fokus för rådet och dess kommittéer under hela året. Att nedskärningen om 85 Mkr för 1997 är betydande förstår man om beloppet ställs i relation till att den årliga beslutsnivån för nya kontrakt är ca 150 Mkr. Det är klart att nedskärningen inte har passerat obemärkt ute i verksamheten, eftersom nedskärningen riktade sig mot landets ledande forskare.

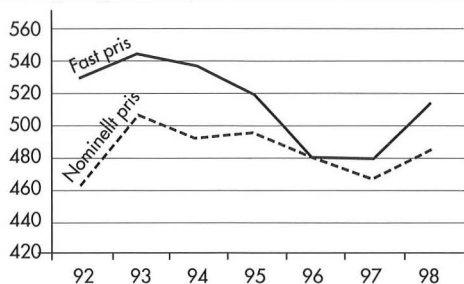


Diagram 6 Utveckling av rådets beviljade medel mellan 1992/93 och 1999 i Mkr givna såväl i nominellt som fast pris 1996. Korrigering har gjorts med hänsyn till strukturförändringar under perioden. Diagramvärden hämtade från NFRs årsrapport 1999 och Rådslaget 6/96.

Svårigheterna framgår inte tydligt ur det ekonomiska diagrammet över anslaget till NFR under perioden 1992/93 till 1999. Detta beror på de stora fasta utgifter som NFR hade vilket medförde att besparingarna hårt drabbade de rörliga medlen. En jämförelse mellan diagram 3 (sid 71) och 6 visar däremot tydligt att anslagsutvecklingen, som steg med 5% årligen under 50- och 60-talet, stagnerade under 90-talet.

Effekterna kunde något lindras genom samverkan med SSF (Stiftelsen för strategisk forskning) och STINT (Stiftelsen för internationalisering). Bl a läm-

nade SSF, som vi redan berört, ett riktat stöd till MAX-lab på 20 Mkr. Anslaget var ett engångsanslag fördelat på fem år.

Förutom den nämnda besparingen vidtog regeringen ytterligare åtgärder och tillsatte en utredning kallad Storforskningsutredningen. Utredningen fick i uppdrag att lämna förslag om ett sparbeting omfattande 150 Mkr. Detta skulle ske inom den anslagspost inom utbildningsdepartementet som svarar för medlemsavgifter till vissa internationella forskningsorganisationer, huvudsakligen inom fysikområdet, och andra obligatoriska åtaganden för medlemsländerna. Utredare var Susanne Eberstein. Till sin hjälp hade hon Torbjörn Fagerström (LU) som sekreterare och Olle Edqvist (SSF) som expert.

Det är värt att observera att det träder fram en ny stark forskningspolitiker med stora insikter om forskningsfinansiering, inte minst vad gäller nationella forskningsanläggningar, nämligen Olle Edqvist, planeringschef på SSF. Under tidigt 90-tal arbetade han som enhetschef på FRN och var bl a starkt engagerad i FRNs finansiering av MAX II. Han fick under hela 90-talet betydande uppgifter främst inom FRN och SSF men också i den nämnda statliga Storforskningsutredningen vars betänkande fick titeln *Besparingar i stort och smått* och som huvudsekreterare i den statliga arbetsgrupp vars rapport *Att finansiera forskning och utveckling* låg till grund för den nya rådsorganisationen.

Utredningen låg klar i april 1997.¹⁵⁹ Kostnaderna för svensk medverkan i storskalig internationell samverkan granskades ingående. Utredningen fann dock att inga stora nedskärningar på kort sikt borde åläggas internationell samverkan på grund av dess betydelse för landet sett ur både vetenskapligt och politiskt perspektiv. Man föreslog därför att nedskärningen skulle fördelas bredare i forskningssystemet och över en längre tidsperiod. Besparingsprogrammet innehöll tre delar: (i) Direkta nedskärningar av vissa verksamheter. (ii) Nedskärningar inom områden som kan kompenseras via forskningsstiftelser och andra finansörer. (iii) En långsiktig nedskärning inom högenergiforskning, fusionsforskning och rymdforskning, där besparingarna för de närmaste åren klaras genom en omläggning av finansieringssystemet för dyrbar utrustning. Denna omläggning har vi redan diskuterat i samband med FRN och big science. Den proposition som antogs av riksdagen i december 1997 innebar att medlemsavgifterna för internationell samverkan sattes under hård press med krav på nedskärningar för NFR på 40 Mkr (26%) fram till år 2000 samtidigt som den nämnda omläggningen fastställdes.

I utredningen togs även de nationella anläggningarna upp till diskussion

¹⁵⁹ *Besparingar i stort och smått*, Statens offentliga utredningar 1997:69. Till utredningen var knuten en referensgrupp bestående av Per Olof Lindblad, Ingvar Lindgren, Jan S Nilsson, Carl Nordling och Örjan Skeppstedt. Gull-Britt Odeskog arbetade som assistent åt utredningen.

med motiveringen att naturen inte känner några nationsgränser. En proton är en proton och en galax är en galax, oberoende av i vilket land studierna av den genomförs.

De nedskärningarna inom anslagen till FRN för dyrbar utrustning, som samtidigt skedde och som vi redan berört, påverkade ytterligare NFRs handlingsutrymme. Situationen ställdes på sin spets i NFRs årsredovisning 1998. Gunnar Öquist skrev:

Vid en prioritering mellan internationell och nationell forskningsverksamhet anser rådet att medlemsavgifterna i internationella organisationer ej skall få inkräkta på rådets rörliga resurser till forskning i form av projektstöd, rekryteringstjänster för unga forskare och utrustning. Skälet är att dessa stödformer redan fått vidkännas betydande reala nedskärningar under större delen av 90-talet. I sitt beslut föreslår NFR att regeringen avstår från den aktuella besparingen. Om regeringen emellertid håller fast vid det tidsbundna besparingskravet förordar NFR att Sverige begär utträde ur CERN från och med år 2000. Som alternativ framhåller NFR möjligheten att lägga ut besparingen under längre tid genom att successivt avveckla två till tre nationella anläggningar. Denna senare modell grundar sig på den generella uppfattningen att när pengar tryter så bör medlemskapen i internationella samverkansprojekt prioriteras före fortsatt drift av nationella anläggningar. Alla förändringar i prioriteringar måste dock vägas mycket omsorgsfullt sett i ljuset av verksamhetens karaktär och baserat på vetenskapliga kriterier och utvärderingar.

Som svar på NFRs besparingsförslag, att Sverige begär utträde ur CERN, meddelade utbildningsdepartementet i ett pressmeddelande i början på december 1998 att det inte var aktuellt för Sverige att lämna CERN eller någon annan internationell forskningsorganisation. Utbildningsministern Thomas Östros uppmanade NFR att fortsätta det inledda arbetet att göra avvägningar mellan nationella och internationella insatser men också mellan resurser för olika ämnen. Fortsatta prioriteringar måste förankras i forskarsamhället.

Det var en mörk bild av framtida svensk naturvetenskaplig forskning som målades upp av NFR. De stora sparbeting som förelåg skulle hejda utvecklingen och innebära avveckling av en del tunga forskningsprogram. Det sägs med rätta att historien aldrig upprepar sig, men man kommer inte ifrån att situationen vid millennieskiftet mycket liknade den situation som förelåg 1971, då Sverige beslöt att ingå som medlem i CERN II. Den gången tillstyrkte forskarsamhället under stor vända förslaget, men ytterst sannolikt hade situationen blivit den samma även om berört forskningsråd (AFR) avstyrkt. Frågan om svenskt deltagande i CERN II var en politisk snarare än en vetenskaplig fråga.

Samma sak gällde knappt 30 år senare. Medlemskapet i CERN fick av politiska skäl inte sägas upp trots önskan från berörda forskningsråd. Besparingar måste ske på andra håll.

Situationen på 70-talet ledde till att forskningsorganisationen förändrades och så blev fallet även nu. Efter två stora utredningar *Forskning 2000* och *Att finansiera forskning och utveckling* lade regeringen i mars 2000 fram en proposition om ny organisation för forskningsfinansiering.^{160, 161, 162} Enligt förslaget inrättas tre nya forskningsråd och en myndighet för finansiering av forskning och utvecklingsarbete.

Ett av forskningsråden är Vetenskapsrådet vars främsta uppgift blir att ge stöd till grundläggande forskning av högsta vetenskapliga kvalitet inom samtliga vetenskapsområden. Till Vetenskapsrådet förs de ansvarsområden som hittills handhåfts av FRN, HSFR, MFR, NFR och TFR. Dessa myndigheter avvecklas. Inom Vetenskapsrådet bör det finnas ämnesråd för forskningsfinansiering. Tre sådana ämnesråd inom humaniora-samhällsvetenskap, medicin respektive natur- och teknikvetenskap bör inrättas med ansvar för beslut om medelsfördelning. Till generaldirektör för Vetenskapsrådet utsåg regeringen under hösten 2000 Pär Omling, som var huvudsekreterare inom TFR.

Av de två andra forskningsråden skall det ena vara inriktat på sociala frågor och arbetsliv och det andra på miljö, lantbruk och samhällsplanering. Samtidigt försvinner SFR, SJFR och BFR. Dessutom bör en FoU-myndighet inrättas för behovsstyrd forskning, för innovationssystem och för en hållbar utveckling och tillväxt. Samtidigt försvinner KFB och RALF. Regeringen anser att myndigheterna bör kunna påbörja sin verksamhet den 1 januari 2001.

Ur propositionen framgick det att i Vetenskapsrådets arbetsuppgifter ingår finansiering av dyrbar vetenskaplig utrustning, nationella och internationella forskningsanläggningar, högpresterande datorsystem och longitudinella databaser inom det samhällsvetenskapliga området. Vissa av dessa uppgifter kan omfatta forskning som stöds av andra forskningsfinansiärer. Ytterligare en uppgift för Vetenskapsrådet är vetenskaplig planering av polarforskningsexpeditioner.

Från FRN-håll hälsades denna uppräknings välkommen, vilket innebar att

¹⁶⁰ Parlamentarisk kommitté för översyn av den svenska forskningspolitiken med Stig Hagström som ordförande och Sonja Dahl som huvudsekreterare *Forskning 2000*, SOU 1998:128, oktober 1998.

¹⁶¹ Arbetsgrupp knuten till regeringskansliet för fortsatt beredning av myndighetsstruktur för forskningsfinansiering med Hans Wigzell som ordförande och Olle Edqvist som huvudsekreterare *Att finansiera forskning och utveckling*, november 1999.

¹⁶² Regeringens proposition 1999/2000:81 *Forskning för framtiden – en ny organisation för forskningsfinansiering* undertecknad av Laila Freivalds och Thomas Östros, mars 2000.

FRNs ansvar för dyrbar utrustning lever vidare inom Vetenskapsrådet. För de nationella forskningsanläggningarna är det också hoppningivande att de omnämns på samma sätt som internationella forskningsanläggningar. Trots detta tyder mycket på att sparkraven kvarstår och att dessa olika anläggningar står inför en hård granskning

I grova drag tog de fasta utgifterna för nationella och internationella forskningsanläggningar 30% av hela NFRs budget för forskning. Av dessa 30% fick CERN ungefär hälften och de nationella anläggningarna ca 30%. De resterande 20% gick till internationell forskning utanför CERN.

Tabell 8 NFRs utgifter för forskning i Sverige, nationella och internationella forskningsanläggningar i Mkr*

Budgetår	1997	1998	1999
Nationell forskning**	557,7	672,7	658,1
Nationella forskningsanläggningar	67,4	71,2	72,6
CERN	139,7	125,2	116,0
ESO, ESRE, JET, CEBM, EMBL	46,3	45,6	46,8

*Siffermaterialet är hämtat ur NFRs årsredovisning 1999.

**Inklusive nationella forskningsanläggningar.

Liksom för trettio år sedan kommer den nya forskningsorganisationen att medföra förändringar i forskningsinriktningar. Det kommer också bli svårare att skapa nya nationella forskningsanläggningar om inte på sikt ett kraftigt nytillskott av medel tillförs organisationen.

Summan av de uppbundna medlen i nationella och internationella anläggningar är betydligt större nu än för trettio år sedan samtidigt som den totala svenska forskningen är mycket vidare. Det behövs en ny Gösta Funke- anda för att se optimistiskt på framtiden.

NFRs positionsdokument år 2000

Inför bildandet av det nya Vetenskapsrådet utarbetade NFR ett positionsdokument *Vad vet vi om livet, jorden och universum*.¹⁶³ Dokumentet är en sam-

¹⁶³ NFR *Vad vet vi om livet, jorden och universum* Positionsdokument från NFR:s kommittéer för biologi, fysik, geovetenskap, kemi och matematik, NFR:s forskningsstrategier 2000-2004, augusti 2000.

manställning av de fem programkommittéernas analyser och måste betraktas som viktigt för det nya ämnesrådet för naturvetenskap och teknik inom Vetenskapsrådet. Det kan vara av intresse att se hur de nationella forskningsanläggningarna behandlades i dessa analyser och i kapitlet "Forskningsstrategier" skrivet av NFRs styrelse. Det är också intressant att se om prioriteringsfrågan mellan internationella och nationella anläggningar berördes.

Alla de fyra nationella forskningsanläggningarna behandlades välvilligt av fysikkommittéen. Man nämner att CRYRING vid MSI nu kan uppvisa den kallaste elektronstrålen i världen, vilket möjliggör en drastisk förbättrad energiupplösning vid studiet av molekylrekombinationer. Det breda spektret av forskning inom rymdastrofysik som bedrivs vid OSO och SEST observerades och också observatoriets intresse i satellitprojekten ODIN och FIRST. TSLs forskning vid kylringen CELSIUS och detektorsystemet WASA syftar till precisionsstudier av sällsynta processer i lättjonsreaktioner. Motsvarande vid systemet CHICSi syftar till experiment med tungjonsstrålar. WASA har nyligen invigts och man ser nu fram emot forskningsresultaten. MAX-lab observerades utförligast på grund av sin mångsidighet. Laboratoriets internationella tät-position har uppnåtts genom svenska forskargrupper utveckling av innernivå- och mjukröntgenspektroskopi. Satsningen på MAX II med dess högre energier på synkrotronljuset kommer att möjliggöra ny forskning och fördjupad växelverkan mellan fysiker, kemister och biologer. Även kärnfotoforskningen vid MAX I omnämndes positivt.

Intressant är att positionsdokumentet även starkt lyfter fram EISCAT (European Incoherent Scatter Facility) och Lunds Lasercentrum.

Programkommittén för kemi berörde MAX-lab mycket positivt. Den kemiska fysiken innefattar fenomen i fasgränsytan fast fas/gasfas och MAX-lab kommer att få stor betydelse i detta forskningsfält. Inom biokemin kommer utbyggnaden av kapaciteten för att variera våglängden på röntgenljuset vid MAX II att möjliggöra snabb och värdefull proteinkristallografisk strukturbestämning. Svensk kemi ser därför positivt på en fortsatt utbyggnad av MAX-lab men tillgången på synkrotronljus måste även säkerställas genom internationella åtaganden.

I kapitlet Forskningsstrategier sade NFRs styrelse om de nationella forskningsanläggningarna:

Anläggningarna fyller en viktig funktion för den svenska forskningen och utnyttjas mycket aktivt av forskare både från högskolor inom landet men också av forskare från utlandet. Detta gäller särskilt MAX-laboratoriet som har en bred användning av forskare från många discipliner.

Den berörda dispyten om nationella forskningsanläggningar kontra internationella organisationer inför NFRs stora sparbeting berördes av fysikkommittén.

Ledningsgruppen för fysik framhåller att forskningen som bedrivs vid de nationella laboratorierna är internationellt konkurrenskraftig och beklagar att man i ett ansträngt ekonomiskt läge för två år sedan tvingades ställa dessa anläggningar i motsatsförhållande till de internationella forskningsorganisationerna. Kontrakt mellan de nationella forskningsanläggningarna och NFR togs fram under hösten 1999. Ledningsgruppen för fysik vill understryka vikten av att de nationella laboratorierna efter kontraktens fastställande får arbetsro för att utveckla sina verksamheter. Nästa internationella utvärdering förväntas äga rum 2002.

Dessa positiva tongångar hälsades naturligtvis med glädje ute på de nationella anläggningarna. Hotet att en eller flera av dem skulle läggas ner tycktes mera avlägset. Samtidigt måste man komma ihåg att NFRs skrivelse är ett dokument till Vetenskapsrådet som underlag för nya diskussioner och självfallet präglas av optimism för att rädda stora gjorda satsningar. När Vetenskapsrådet ställs inför den krassa ekonomiska verkligheten måste ändå prioriteringar göras.

MAX II börjar gå

Så fort besluten om MAX II var fattade 1991 skruvades takten upp ytterligare vad gällde planeringen av accelerator, strålrör och byggnad. Det var verkligen många bollar i luften samtidigt. Låt oss börja med byggnaden som skulle stå klar först.

Den nya acceleratorhallen

Den nya acceleratorhallen med en bottenyta på ca 4000 m² skulle byggas inom en kostnadsram på 62 Mkr men byggnationen kunde först påbörjas efter det den gamla hallen med MAX I byggts om för att anpassas till det nya. Ombyggnaden var planerad att starta 1 februari 1991 och vara avslutad till årsskiftet 91/92. Därefter skulle omedelbart byggnationen av den nya hallen påbörjas och vara klar vid årsskiftet 92/93. Anbudstiden för nybygget gick ut i mitten på januari 1992 och BPA valdes till huvudentreprenör. Byggstart skedde en månad senare. Vid ceremonin i samband med denna hälsade MAX-labs ordförande Lennart Linder-Aronson utbildningsminister Per Unckel, universitetsrektor Håkan Westling och fakultetsdekanus Bengt E Y Svensson och många andra välkomna ute på parkeringsplatsen utanför MAX I hallen.

Därefter var det dags för utbildningsminister Per Unckel att ta det första spadtaget. Något överraskad fick han iklädd rejäla stövlar och reglementsenlig skyddshjälm borra det första hålet i asfalten med en tung tryckluftsborr. I samband med detta yttrade han:

Kulturskillnaden mellan Stockholm och Skåne är större än jag trodde. Jag hade inte ens i min vildaste fantasi kunnat föreställa mig att detta är vad man avser med 'spade' i Skåne. Men man får väl ta borren och asfalten jag måste arbeta mig igenom som bevis på den solida grund som det framtida laboratoriet kommer att vila på.

Unckel berörde också tankarna om det fria universitetet och forskarnas möjligheter att forma sin framtid. Just MAX II – *tillkommet till följd av ett forskningsråds visa besked* – var ett exempel på hur forskarna själva tog ansvar, ett exempel han hoppades skulle inspirera andra till egna initiativ.

Uttalandet är av intresse och en direkt uppföljning av Olof Palmes uttalande 1971 i samband med Sveriges deltagande i CERN II att forskarsamhället själv skall göra sina forskningsprioriteringar inom befintliga ekonomiska ramar. Detta markerades också starkt av det nya NFR. Så har också varit fallet under hela 70-, 80- och 90-talet på ett par undantag när. Ett undantag är medlemskapet i CERN som inte bara har forskningspolitiska utan även andra starka politiska aspekter. Ett annat är nystarten 1983 av GWI, där NFR aldrig fick tillfälle att yttra sig.

En intensiv och snabb projektering av den nya byggnaden hade föregått byggstarten. Projektledare var den erfarne Rolf Kristoffersson från KBS-S. Arkitekt Mats Österberg ritade den nya byggnaden. Mats Österberg var chefsarkitekt i Anshelmgruppen Arkitekter och hade varit med redan på 60-talet då LTH-campus byggdes. När M-hallen byggdes om för MAX-projektet under tidigt 80-tal stod Mats Österberg för arkitektarbetet. Vi lärde då känna honom som en mycket skicklig arkitekt och som en stor älskare av utmaningar men också av konst i alla dess former och vi var glada över att han nu fick uppdraget att rita MAX II-hallen.

Projekteringen av statliga byggnader har i sig inbyggt svårigheter och så även i MAX II-projekteringen. Byggherre var KBS och projektansvarig var LU. Brukaren var MAX-lab. Det var många viljor som korsades men Rolf Kristoffersson och Mats Österberg red ut stormarna samtidigt som de lyssnade på MAX-folket, kanske mer än många trodde. För att tala samma språk anlätade MAX-lab arkitekt Mark Ryberg på VBB. Detta hade fördelar eftersom han kunde till oss brukare översätta byggfolkets tekniska språk. Faran av att brukaren hade egen arkitekt som konsult överbryggades på grund av de personliga egenskaperna hos Mats Österberg och Mark Ryberg.

MAX-lab förordade att Mats Österberg besökte DESY i Hamburg för att få intryck från ett färdigt större synkrotronljuslaboratorium. Resan satte sina tydliga spår. Österberg förstod att denna typ av laboratorier är starkt internationella med många gästforskare som arbetar intensivt dygnet runt under några veckor för att sedan resa hem och återkomma några månader senare. Det gällde att skapa en hygglig arbetsmiljö och möjligheter till det intensiva arbetet. Samtidigt insåg han nödvändigheten av en flexibel acceleratorhall eftersom uppställningar skiftar och kräver stor plats för kringutrustning. Varje peltare kunde vara till hinders. Andra svårigheter var den otroligt höga precision som all utrustning krävde. Varje vibration eller varje temperaturförändring

i hallen kunde vara till skada. Normalt ligger acceleratorhallar avskärmade från dagsljus antingen under jord eller som stora slutna hallar över jord, allt för att minska störningar från omgivningarna.

Österberg beslöt sig för att skapa en dagsljus hall med fönster åt norr för att reducera uppvärmning av solljus. Han ville bygga en hall med helt fri yta. Gästande forskare skulle, när de befann sig i hallen, känna att de var i Sverige och förbipasserande utanför hallen skulle få intryck av den verksamhet som pågick. Av erfarenhet visste vi att en sluten verksamhet, särskilt om den är intensiv, ofta verkar skrämmande på människor i omgivningarna. Alla dessa önskemål lyckades han förverkliga på ett utomordentligt sätt. Avskilda arbetsrum för den fast anställda personalen kombinerades med aktiva laboratorier för gästforskare, där man hade god utsikt över acceleratorhallen. Flyttbara arbetskontor på själva golvet, en vidareutveckling av de tankeboxar som han tidigare förverkligat i MAX I-hallen, inplanerades. Ljus, glas och trä gav den nordiska känslan. Att klä insidan av hallvägarna och strålskyddsväggarna med knastrik fur i andra sortering var ett lyckokast och det fina dagsljuset från de stora lanterninerna gav en unik arbetsplats för såväl anställda som gästforskare. Enligt många finns det inget annat synkrotronljuslaboratorium i världen som har en så fin arbetsmiljö. Det väldiga fackverket med sina synliga konstruktioner förhöjde verkan. Ett väl genomtänkt pausrum med modern köksutrustning och smakfull inredning blev pricken över i-et.



Fig 49 MAX II-hallen uppglasad för att ge förbipasserande ett intryck av verksamheten (1994). Foto: Barbro Forkman.



Fig 50 Ett titt in i en flyttbar tankebox på hallgolvet (1994). Foto: Barbro Forkman.



Fig 51 Ljus, glas och trä ger en nordisk känsla. Monica Hagman, Helena Ullman, Anna-Lisa Gullberg och Ann Barthel vid kopiatorn (2000). Foto Mikael Johansson.

Vid den förberedande projekteringen av MAX II-hallen som påbörjades i augusti 1990, innan några beslut var fattade av statsmakterna, angav man i en möjlig tidplan att hallen skulle kunna stå klar vid årsskiftet 92/93. Byggnationen av hallen var klar i februari 1993, endast en månad försenad. Den administrativa delen blev klar i april 93. Allt hölls inom den ekonomiska ramen. Prestationen var närmast otrolig och stort tack bör riktas till den skickliga projektledningen.

Konsten vid MAX-lab

I den nya MAX II-hallen finns tre stora konstverk från Statens konstråd. Inför invigningen 1987 av MAX I presenterade konstrådet två förslag till utsmyckning av laboratoriet. Det ena förslaget var Ola Billgrens mäktiga nya tavla *Romantiskt landskap*, 1,5 m hög och 4 m bred. Detta verk, som hör till de absolut bästa inom hans romantiska period, passade perfekt till ett laboratorium som bl a har astrofysikaliska problemställningar på sitt program. Tavlan kan mycket väl tolkas som en bild av en abstrakt vintergata. Men den kan också ses som en bild av en sommaräng en tidig morgon när det röda morgonljuset reflekteras i tusen daggdroppar.



Fig 52 "Romantiskt landskap" av Ola Billgren (1994). Foto Barbro Forkman.

Det andra förslaget var Lars Kleens *Våg* från 1973 (5½ meter bred och mer än 3 meter hög och djup). Man ser en sönderslagen fiskebåt på en stenig strand framför en jättevattenvåg. Konstverket är dramatiskt och uttrycksfullt och samtidigt behärskat och visar människans litenhet i förhållande till naturens krafter. Genom sin mångtydighet talar konstverket direkt till åskådaren. Det är enkelt och vackert. Det är handfast och på vissa sätt lättbegripligt. Men konstverket kan också ses som en symbol för den aktivitet som pågår i ett synkrotronljuslaboratorium. På samma sätt som forskaren på laboratoriegolvet låter ljusvågor påverka prover och slå sönder atomgrupperingar i dem för att bättre förstå hur proverna är uppbyggda, låter Lars Kleen en vattenvåg krossa fiskebåten och först då man ser spillrorna förstår man hur båten är konstruerad.

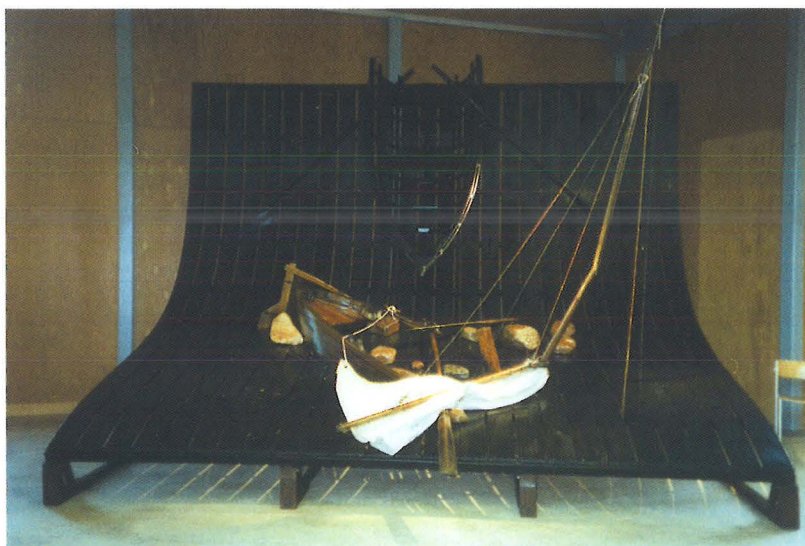


Fig 53 " Våg" av Lars Kleen (1994) Foto: Barbro Forkman.

På MAX-lab blev vi förtjusta i båda förslagen men trots att MAX I-hallen är stor kunde den bara rymma Billgrens tavla, eftersom den var plan. Lars Kleens *Våg* fick inte plats hur mycket vi än försökte.

På nyårsdagen 1991, när jag granskade de nästan färdiga byggnadsritningarna för den nya MAX II-hallen slog det mig plötsligt att det kanske gick att ordna plats för *Våg* i den nya hallen. Rolf Kristoffersson och Mats Österberg fann det mycket stimulerande att redan på projekteringsstadiet anpassa

byggnaden till utsmyckningen och med några geniala streck löste Österberg problemet genom att skapa en alkov utan att det nämnvärt påverkade byggnadskostnaderna. Hallen byggdes för att passa konstverket *Våg*.

MAX I-hallen var ju ingen nybyggnad utan en ombyggnad av den gamla norra maskinhallen på LTH. Därför fanns det inga nya medel för utsmyckning utan de två förslagen hämtades från konstrådets innehav. Nu när det skulle byggas en ny hall för 60 Mkr var saken annorlunda. En procent av byggkostnaden kunde reserveras för ny konstnärlig utsmyckning och konstrådet gav uppdraget till Lars Kleen.

I februari 1992 ett år efter beslutet om MAX II visade Lars Kleen upp en modell för sitt tänkta konstverk. Idén hade han plötsligt fått under en bilresa från Växjö till Västervik på just det sätt som är typiskt för kreativa människor (stark koncentration och studier, sedan läggs projektet åt sidan, ruvningsperioden, och så kommer plötsligt och oväntat ett genombrott). Utgångspunkten för konstverket var ett vanligt rep med tre kardeler. Genom att lossa på kardelerna och inne i repet placera en bandjärns spiral som löpte i motsatt riktning skulle han uttrycka både lätthet och komplexitet. Döm om vår häpnad när han förklarade att han tänkte skapa ett 40 meter långt konstverk specialdesignat för MAX II-hallen. Om *Våg* var stort var det nya konstverket *Rep* långt större. Statens konstråd blev förtjust och inom MAX-lab väckte det många diskussioner, men konst skall ju engagera.

Till konstverket i full skala åtgick det 8 km limmade läkt. *Rep* är ett konstverk av yppersta kvalitet.

Det finns inget liknande konstverk i Sverige eller i något annat land så vitt jag vet. Samtidigt är det ett konstverk som ställer betydelsefulla frågor av filosofisk och existentiell natur kopplade till den vetenskapliga forskningen vid MAX-lab (Jan Torsten Ahlstrand).¹⁶⁴

När man ser *Rep* får man lust att komma det nära, att känna på det, se hur det är konstruerat, granska det från olika vinklar och studera dess skugga. Man vill också backa både tio och tjugo meter för att se det i hela sin helhet och uppleva dess lätthet och elegans. För många upplevs *Rep* som om det är livets ström man ser, med långa invecklade molekyler som innehåller mycken styrka och mycken känslighet. Samtidigt kan *Rep* upplevas som en märklig bild av cirkulärpolariserat ljus, ett slags ljus som kommer att produceras vid MAX II för forskning.

¹⁶⁴ Jan Torsten Ahlstrand *Lars Kleen's sculptures "Wave" and "Rope" for MAX-lab II*, MAX-news 9 May 1996.



Fig 54 Lars Kleen och konstverket "Rep" under uppsättning på MAX-lab (1996).
Foto: Tommy Olofsson.

Att placera ett konstverk av denna dimension i en laboratoriehall innebar självklart problem. Konstverket fick inte påverka laboratoriets verksamhet och laboratoriet borde inte störa konstverkets formspråk, synlighet och integritet. Det var inte underligt att det tog tid att få upp konstverket. Enligt planerna skulle det hänga på plats när den nya hallen invigdes 1995 men trots att det var färdigt i god tid lyckades denna målsättning ej. Efter ett engagerat ingripande från LUs rektor Boel Flodgren skapades dock förutsättningar för att befintliga problem kunde lösas och ett drygt halvår senare hängde *Rep* på sin rätta plats.

Organisationen vid MAX-lab

MAX-lab leds av en styrelse med ordförande och sex ledamöter. Under denna finns ett arbetsutskott som handhar de dagliga uppgifterna och förbereder styrelsens sammanträden. Styrelsen är ansvarig för det nationella och internationella utnyttjandet av laboratoriet, anslagsframställning och driftbudget, prioriteringen av forskning och utveckling, samt anställning av personal och skall verka för övergripande tillväxt och utveckling av laboratoriet. Dessutom skall styrelsen besluta om hur drifttiden skall fördelas mellan forskning med synkrotronljus, energirika elektroner, acceleratorfysik samt underhåll. Till sin hjälp för dessa uppgifter har styrelsen en vetenskapligt rådgivande kommitté

(SAC) och två programkommittéer (PAC), den ena för synkrotronljusforskning och den andra för kärnfysik. Dessutom finns det användarföreningar för synkrotronljus och för kärnfysik.¹⁶⁵

NFR är ansvarig för medel till laboratoriets drift, den övergripande vetenskapliga inriktningen och skall löpande följa och periodiskt utvärdera verksamheten. LU är som värduniversitet ansvarig för de anställda och för basfaciliteterna. Det kan vara av intresse att se hur stora intäkterna och utgifterna var för MAX-lab år 2000 och även jämföra dem med kostnaderna för MAX I bå 88/89.

Diagram 7 visar själva driften och innefattar ej investeringar för MAX III och nya strålrör. Därför syns ej i diagrammen anslagen till MAX III från FRN och till nya strålrör från K&AW och TFR. Omsättningen belöpte sig till 38 Mkr där NFR stod för 50% till drift och LU för 40% till hyra och elkostnader. Intressant är att EU över ramprogrammet Access to Research Infrastructure, ARI, bidrog med 6% av driftkostnaderna. Intäkterna från industrin var ca 1%. Om man bortser från lokal- och elkostnader uppgick lönekostnaderna till knappa 50% vilket måste betraktas som mycket tillfredsställande. Vid en jämförelse med kostnaderna för bå 88/89 (diagram 4, sid 139) ser man att driftkostnaderna ökat drygt 3,5 gånger från 6,4 Mkr till 23 Mkr om man bortser från lokal- och elkostnader och att lönekostnaderna den gången uppgick till knappt 70%. Under tidperioden ökade konsumentindex med 45%.

Innan spadtaget togs av Per Unckel hade jag lämnat föreståndarskapet för MAX-lab. Mina sista uppgifter på laboratoriet var att delta i det avslutande projekteringsarbetet för den nya byggnaden. Sedan 1969 hade jag varit huvudansvarig för elektronacceleratorerna i Lund, först vid LUSY och sedan 1973 som projektledare för MAX-projektet. När MAX-lab fick egna statuter blev jag dess första föreståndare under tiden 810701– 910630. Det var av många skäl riktigt att överlämna föreståndarskapet till Ingolf Lindau. Själv var jag utbildad kärnfysiker med ringa erfarenheter av synkrotronljusforskning. Vid MAX I fanns och finns det ju ett forskningsprogram inom kärnfysik men MAX II byggdes enbart för synkrotronljusforskning.

Till vår glädje hade den nya professuren i synkrotronljusfysik vid LU 1989 besatts av en internationellt välkänd forskare med stor erfarenhet från forskning vid Stanforduniversitetet i USA. MAX-lab hade redan innan Lindau tillträdde professuren kunnat utnyttja honom i planerings- och ansökningsarbetet för MAX II, när han vistades året 88/89 vid laboratoriet som gästforskare. Som professor i synkrotronljusfysik var det naturligt att han ingick som ordförande i den av styrelsen i maj 1990 tillsatta arbetsgruppen för MAX II.

¹⁶⁵ Hela organisationen för MAX-lab framgår av bilaga 2.

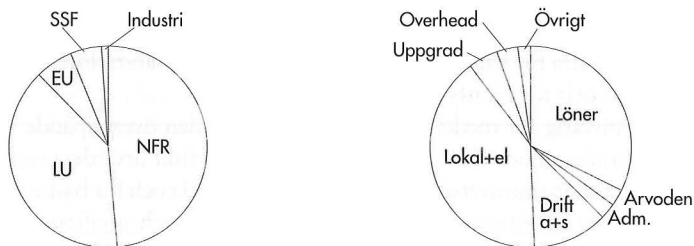


Diagram 7 MAX-labs driftsbudget à 38 Mkr på 2000 (vänster) intäkter (höger) utgifter.

De sakkunniga vid tillsättningen av professuren i synkrotronljusfysik, som förordade Lindau till tjänsten, uttalade bl a följande:¹⁶⁶

Ingolf Lindau är idealiskt lämpad till tjänsten ifråga och hans närvaro i Lund skulle säkerligen förstärka fysiska institutionens och universitetets internationella anseende. Han har en överväldigande lista av publikationer som visar inte bara hans vetenskapliga kapacitet utan också hans förmåga att samarbeta med andra forskare. Denna senare förmåga är mycket betydelsefull vid en användarfacilitet som synkrotronen vid MAX. Ingolf har tillbringat mesta delen av sin karriär i förbindelse med synkrotronljus, som användare, som konstruktör av strålrörsinstrumentering eller som ledare vid SSRL. Alla dessa förmågor kommer att bli mycket användbara för professuren i synkrotronljusfysik i Lund. Inom parentes anser kommittén att Lindaus vetenskapliga produktion är av högsta klass och hans angivna framtidsplaner borgar för att han kommer att fortsätta att vara en internationellt erkänd vetenskapsman.

Ingolf Lindau var föreståndare för MAX-lab under åren 910701-970630. Hans goda administrativa förmåga, parad med hans breda kunskaper om forskning med synkrotronljus medförde att forskningsplanering och acceleratoruppbyggnad löpte sida vid sida under hans föreståndarperiod. Såväl tidsplaner som ekonomiska ramar kunde hållas.

Uppbyggnaden av MAX II-ringen

När statens gav klartecken om MAX II i januari 1991 låg acceleratorfysikgruppen redan i startgroparna. Den bestod förutom av Mikael Eriksson och Lars-Johan

¹⁶⁶ De sakkunniga var P-O Nilsson, Göteborg, Yves Petroff, Orsay, Frankrike och Ward Plummer, Pennsylvania, USA.

Lindgren av forskarstuderandena, Åke Andersson, Peter Röjssel och Sverker Werin. Man hade en hisnande och ansvarsfull uppgift framför sig att konstruera en 3:e generationens synkrotronljuskälla. Uppgiften betecknades med rätta som en av de mest avancerade tekniska uppgifter som bedrivits i Sverige. Allra främst stod uppgiften att tänka på nytt sätt. MAX I-acceleratorn var ett lundensiskt konstantverk. Nu måste gruppen tänka om och tänka industriellt. Mikael Erikssons goda kontakter med det svenska företaget Scanditronix, som acceleratorgruppen hjälpt flera gånger på konsultnivå, underlättade denna process.

Uppbyggnaden av MAX II spaltades upp i delmoment: Extraktion från MAX I, transport från MAX I till MAX II, injektion i MAX II, stativ till MAX II-magneter, vakuumutrustning, diagnostik, högfrekvenssystem, styrsystem och strålskydd. I februari 1991 kunde man redovisa att extraktionskickern redan var beställd, att magnetstativen var ritade och att en prototyp höll på att tas fram liksom en prototypmagnet. Tack vare goda kontakter med DESY kunde Mikael Eriksson redovisa så tidigt som i december 1990 att MAX-lab fått överta en 3-cell-kavitet från det tyska laboratoriet.

NFR kände stort ansvar för uppbyggnaden av MAX II och föreslog styrelsen för MAX-lab att tillsätta en internationell referensgrupp med uppgift att följa och granska projektets utveckling och bistå med råd beträffande hur projektet borde drivas.¹⁶⁷

Gruppen träffades första gången i mitten av november 1991 på MAX-lab. Till sitt förfogande hade den rapporten *Design report for the MAX II ring, sept. 91*. Gruppen kunde vid sin sammankomst se en prototyp av en kvadrupol/sextupol magnetkombination och även vakuumkammaren till en böjmagnet och konstatera att extraktionen från MAX I skulle vara klar för test i januari 1992. Avgörande för konstruktionen var de krav som ställdes på stativen på vilka magnetelementen skulle placeras. Dessa stativ var 6 m långa och magneterna måste kunna linjeras upp på 3 hundra delar millimeter när längs hela stativet. Stativen i sin tur behövde bara stå rätt på en tiondelar millimeter när. Det hela rör sig om en nästan ofattbar hög precision. Tollarps mekaniska verkstad utanför Kristianstad byggde stativen.

Referensgruppen kunde lugna NFR med att allt följde de upprättade planerna såväl konstruktionsmässigt som tidmässigt och rekommenderade att projektet var i sådant läge att komponentproduktion kunde ske. Även framöver blev gruppen ett gott stöd och också en god rådgivare till acceleratorgruppen. Med stort intresse observerade den att acceleratorfysikgruppen planerade lägga ut fullständiga sektioner som innefattade magneter, stativ och vakuum-

¹⁶⁷ Gruppen fick följande sammansättning: C. Kunz, Hamburg, G. Müllhaupt, Grenoble, J Nordgren (ordf.), Uppsala och S Tazzari, Rom.

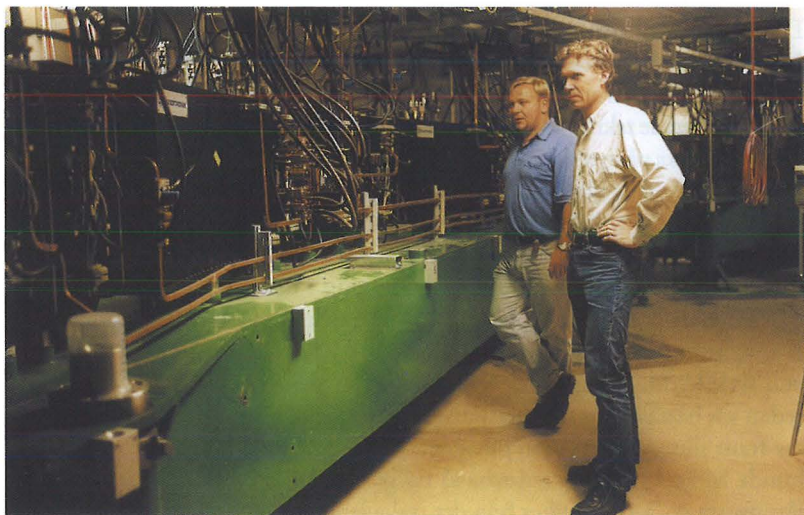


Fig 55 Stefan Wiklund och Åke Andersson vid en av de tio magnetsektionerna i MAX II-ringen (2000). Foto Mikael Johansson.

kammare på ett enskilda företag. Om arbetsgruppen lyckades få en rimlig offert skulle ett sådant förfarande minska trycket och arbetsbelastningen. Samtidigt skulle detta stärka möjligheterna för industrin att leverera komplexa acceleratorkomponenter.

Med denna rekommendation påbörjade UUH förhandlingar om uppköp. Det blev spännande dagar eftersom det krävdes anbud från flera företag för att en snabb upphandling skulle kunna ske. Tre företag visade intresse (Maxwell Brobeck, Oxford Instruments och Scanditronix) men i slutförhandlingarna fanns bara Oxford Instruments och Scanditronix kvar. Naturligtvis var det mycket tillfredsställande för MAX-gruppen att Scanditronix, tack vare deras betydligt lägre anbud och deras möjligheter att uppfylla specifikationerna, fick uppdraget. De nära relationerna mellan Scanditronix och MAX-lab borgade för en snabb och smidig uppbyggnad.

När det gällde den ekonomiska planeringen uppstod dock vissa problem. MAX-gruppen visade att kostnadsprofilen för projektet hade en markant topp mitt i femårsperioden 90/91– 94/95. Detta var inte oväntat och begripligt men anslagsmässigt svåröst för FRN/NFR av skäl som vi tidigare beskrivit. Ledningen för MAX-lab studerade olika möjligheter att lösa detta problem genom att kortfristig låna upp pengar, men lösningen kom som så ofta förr från K&AW.

I huvudansökan 1989 till FRN om MAX II uttryckte MAX-ledningen sin förhoppning att K&AW fr o m 92/93 skulle stödja projektet med vetenskaplig utrustning. I december 1989 följde man upp dessa tankar med en skrivelse till K&AW, där man redogjorde för det finansiella upplägget av MAX II. I skrivelsen bad man om stiftelsens aktiva stöd för förverkligandet av MAX II enligt redovisad tidplan i nära samarbete med andra finansiärer. När väl NFR och FRN tagit ställning i ärendet bad man att få återkomma med en detaljerad ansökan.

I april 1992 var det aktuellt för MAX-lab att precisera sina förhoppningar. I sin ansökan till K&AW begärde man 42 Mkr fördelat över tre år (92/93, 93/94 och 94/95) för att bestycka fyra strålrör med erforderlig basutrustning så att de första forskningsprogrammen kunde initieras i mitten av 1995 när lagringsringen skulle stå färdig. I ansökan framgick det klart att delar av medlen som söktes för 92/93 och 93/94 skulle utnyttjas för att klara av den besvärliga kostnadsprofilen för själva ringen som vi nyss berört. Motsvarande medel skulle friställas under 94/95 enligt finansieringsplanen från FRN för att fullfölja programmet för forskningsutrustning enligt ansökan. Kortfattat kan man säga att MAX-lab önskade låna ca 10 Mkr av K&AW kortfristigt genom att göra en inteckning i medel som man hoppades få 94/95. Ett stödbrev från RÄ och MNF följde ansökan. I slutstycket står det:

Vi är stolta över MAX-laboratoriet och anser att dess ledning har hög kompetens. Vi noterar också med tillfredsställelse det mycket starka nationella och internationella intresse och konkreta stöd som finns för MAX. Allt detta gör att vi prioriterar MAX-laboratoriets ansökan till Wallenbergstiftelsen högst bland de ansökningar från Lund som nu föreligger.

Med vänliga hälsningar.

Håkan Westling, rektor, Bengt E Y Svensson, dekanus MNF.

I juni 1992 kom beskedet att K&AW tillstyrkte ansökan med 40 Mkr. Omedelbart startades planeringen för insättningsselement i MAX II-ringen. Av de tio raksträckkorna i ringen var två reserverade, den ena för injektion och den andra för RF-utrustningen. De andra åtta var lediga för de insättningsselement som karaktäriserar 3:e generationens ljuskälla. Med den gemensamma finansieringen från K&AW och FRN beslöt MAX-ledningen att bestycka ringen med tre element, en multipolwiggler planerad för proteinkristallografi och två undulators/wigglers med olika parametrar, planerade för spektroskopi/mikroskopi. Alla tre var av typ permanentmagnet. Dessa tre byggdes av det finska företaget VTT, Esbo. Till detta kom den supraledande wigglern som sedan några år planerats och som finansierats av ett svenskt-finskt industrikonstori-

um. Den byggdes av TTH i Tampere, Finland. Tidplanen var att multipolwiggeln och den supraledande wiggeln skulle levereras under hösten 1994 och de två undulatorerna under våren och sommaren 1995. Förutom insättnings-elementen planerades för experimentstationer kring dessa. I juni 1995 anslag TFR medel till ett strålrör för mikro-/nanofabrikation och djup röntgenlitografi. Uppbyggnaden av den vetenskapliga utrustningen skedde i takt med uppbyggnaden av MAX II.

Ansvaret för planeringen och uppbyggnaden av de nya strålrören leddes av Ingolf Lindau och koordinatören för synkrotronljusforskning Ralf Nyholm. Den senare hade redan 1986 övertagit detta ansvar efter Anders Flodström. Under alla dessa år har Ralf Nyholm gjort ett utomordentligt arbete för planering och koordinering. Fullt förtjänt erhöll han 1999 en nybildad professur i synkrotronljusinstrumentering. Sakkunniga till professuren var professor B Reihl, Schweiz, professor V Saile, Tyskland, och docent Britt Hedman, Sverige. Samtliga rekommenderade mycket starkt Ralf Nyholm till professuren.

Här följer några korta utdrag från de tre utlåtandena:

- Åtskilliga strålrörssuppsättningar vid MAX-Lab har haft framgång till följd av Dr Nyholms planering, ledning och praktiska handlag, vilket har gett MAX-Lab ett ypperligt anseende som ett internationellt synkrotronlaboratorium av högsta standard (B Reihl).
- Vanligtvis finns det experter i synkrotronstrålningsinstrumentering och utomordentliga fotoelektron-spektroskopister. Dr. Nyholm gör båda dessa saker framgångsrikt och är de facto mycket ovanlig och anmärkningsvärd (Volker Saile).
- I allt har han varit involverad i design, installation och igångsättning av alla nio strålrör som byggts vid MAX I. Jag sammanfattar att Dr. Nyholm förutom att han är formellt kvalificerad för tjänsten dessutom är vetenskapligt och tekniskt exceptionellt erfaren och välkvalificerad för professuren. (Britt Hedman).

Förhoppningarna är nu stora att denna nya forskningsavdelning skall få tillräckliga resurser för att i samarbete med acceleratorgruppen utveckla möjligheterna vid MAX-lab så att det kan behålla sin position bland de främsta synkrotronljuslaboratorierna i världen.

Allt tycktes gå som på räls. Leveranstiderna för såväl MAX II-ringen och insättnings-elementen hölls. Ihopkopplingen av MAX I och MAX II gick efter planerna och i oktober 1994 kunde elektronerna göra flera tusentals varv i MAX II-ringen vid 500 MeV. Detta lyckades redan vid första försöket och var en stor framgång för driftgruppen. Därefter installerades högfrekvensresona-

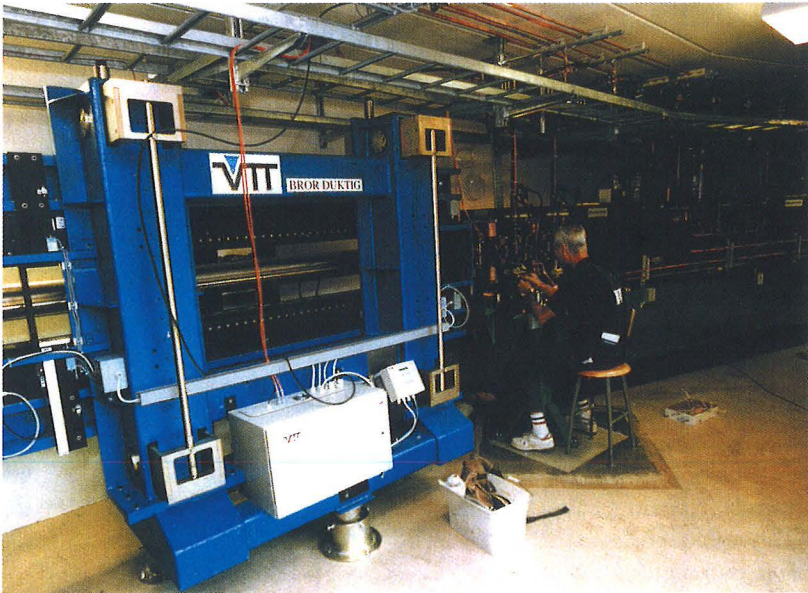


Fig 56 En av undulatorerna från VTT. Foto: Mikael Johansson.

torn, som accelererar elektronerna och det var möjligt att lagra elektronstrålen i ringen vid full energi men självklart med begränsad intensitet. Detta skedde den 12 april 1994 och var en märkesdag. Även nu lyckades man vid första försöket.

Men även om allt gick bra och tidplanerna följdes fanns det också svåra stunder. I MAX-labs årsrapport 1993 står det att budgetåret 93/94 började som en mardröm. Den under lång tid emotsedda ökningen i driftbudgeten kom ej till stånd den 1 juli 1993 (tidigare har vi sett att FRN hamnade i betalningssvårigheter just vid denna tidpunkt), och laboratoriet stod inför allvarliga ekonomiska problem. Tack vare en generös donation från LU (1 Mkr) och extraordinära medel från NFR (2 Mkr) var det möjligt för MAX-lab att hålla strålrören vid MAX I i full drift utan att äventyra tidplanen för MAX II.

Det var inte bara ekonomiska bekymmer. Naturligtvis fanns det experimentella svårigheter. Hur välplanerad man än var fanns det tusen och ett problem som måste lösas på mekanikdelen, elsystemet och på vakuumsidan. Hjärtat i MAX II är RF-systemet som pumpar in energi i elektronstrålen. Detta system togs över från DESY och sparade laboratoriet en mängd pengar. När det monterades in i MAX II-ringen uppstod en liten vakuumläcka i kavitetsens strålrörsregion. Det visade sig vara mycket komplicerat att täta den var-

för man fick byta ut både strålrörsektionerna och flänsarna mot nya. Detta krävde en speciell typ av lödsvetsning. Det lyckades och trycket sjönk till en tiondel av det tillåtna trycket på 10^{-9} milliatmosfärer.

Det krävdes en arbetsförmåga och en lojalitet av oanade mått för att komma förbi alla dessa problem. I någon utvärdering står det att driftgruppen utförde en heroisk prestation då de byggde en högsta klassens acceleratoranläggning inom ekonomiska ramar och enligt lagda tidplaner trots begränsade resurser vad gäller personal och ekonomi. Visst fanns det mod och visst fanns det vilja men avgörande var laganda, nytänkande och uthållighet.

MAX II invigs

Den 15 september 1995 invigde Carl XVI Gustav MAX II. Till musik av Bleckhornen anlände kungen till laboratoriet, där flera hundra vänner till verksamheten mött upp med företrädare för näringsliv och forskarsverige. MAX-labs ordförande, Lennart Linder-Aronson, hälsade alla välkomna och tackade för det ekonomiska stöd som FRN, NFR, TFR, K&AW m fl givit projektet och möjliggjort dess genomförande. Han tackade även NFR för vetenskapligt stöd.

Laboratoriets föreståndare, Ingolf Lindau, berättade kort för de inbjudna

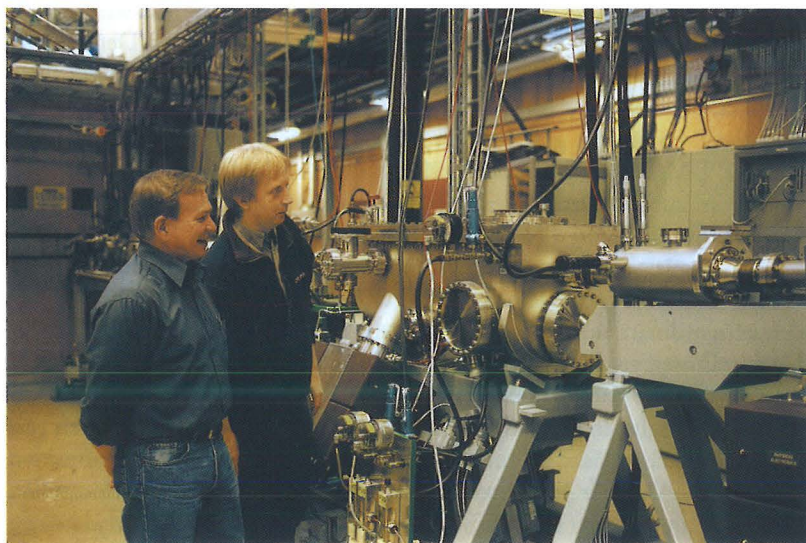


Fig 57 Ralf Nyholm och Jesper Andersen vid strålrör I311 (2000). Foto: Mikael Johansson.



Fig 58 Ingolf Lindau visar Kung Carl Gustaf, universitetsrektor Boel Flodgren och landshövding Ann-Cathrine Haglund MAX II i samband med invigningen 950915. Foto: Björn Nilsson.

gästerna om MAX-labs historia och om framtidplanerna. Han pekade på att MAX I invigdes för 8 år sedan och sade:

I dag inviger vi MAX II. Det är min förhoppning att utvecklingen vid MAX-lab skall göra det möjligt för oss att inbjuda er alla till en ny invigning av MAX III om ytterligare 8 år eller år 2003. Ännu är inte datum för invigningen fastställt.

Lunds universitets rektor Boel Flodgren erinrade i sitt tal om universitetets roll och ansvar. Glädjen gick som en röd tråd igenom talet. Först dagens glädje över att ett tålmodigt och hårt arbete nått sitt klimax i och med invigningen av MAX II som får konsekvenser för både svenska forskare och forskare internationellt. Till detta kommer glädjen över forskningen i sig själv, som förhoppningsvis skall leda till en bättre framtid för oss alla. Boel Flodgren avslutade med att önska god lycka med den "lysande" forskning som bedrivs vid MAX-lab.

NFRs huvudsekreterare Gunnar Öquist fortsatte invigningstalen med att gratulera svensk naturvetenskap och teknik till den kraftfulla synkrotronljuskällan som Sverige nu invigde och fortsatte:

MAX II ger nya möjligheter till både nationell och internationell samverkan och en uppgift blir att stimulera svensk industri att utnyttja de möjligheter som anläggningen erbjuder.

Näste talare docent Håkan Björklund, vd för Astra Draco AB, drog i sitt tal en lars för grundforskningen. Han konstaterade att industrin lever i en värld av ökad konkurrens, samtidigt som det har blivit allt svårare att åstadkomma nya innovationer. Den internationella konkurrenskraften hos ett land beror i hög grad på hur väl landet förmår utveckla nya, och vidareutveckla gamla, produkter. Det gäller för staten och de av staten finansierade forskningsråden, att skapa och stärka attraktiva forskningsanläggningar och inte splittra upp verksamheten för mycket på små enheter.

Till slut genomförde fysikdocenten Hans-Uno Bengtsson en komprime-rad fysikshow "Ljuset från Lund" som både oroade och roade publiken. Mer än en hoppade till då en av spotlights exploderade uppe i taket och lät som ett gevärsskott.

Därefter var det dags för Kungen att med upphöjt lugn förklara den nya elektronlagringsringen invigd och trycka på "startknappen" för MAX II.

Efter ceremonin följde en visning av laboratoriet, samtidigt som förfriskningar serverades. Utställningsmontrar från de företag som levererat utrustning till laboratoriet och posters över den forskning som pågick fanns på plats.

Medan en liten utvald skara åt kungalunch i Pelarsalen med Boel Flodgren som värd, serverades lunch för alla de andra i laboratoriet. På kvällen fortsatte festligheterna med en delikat middag på restaurang Ideon, nära granne till MAX-lab. Efter middagen trädde dansen till musik av storbandet Atle som spelade utmärkta jazzrytmer.

Varthän går färden MAX?

Ledning

Sedan 1997 är Nils Mårtensson föreståndare vid MAX-lab. I en intervju i MAX-labs nyhetstidning *MAX news* besvarade han följande frågor:¹⁶⁸

- Vilken är Din bakgrund?
- Vilket är viktigast för MAX-lab under den närmsta framtiden?
- Hur skall Du som seniorforskare utnyttja det stora pris som Du erhållit från SSF?
- Jag tog min doktorsexamen i Uppsala 1980 i Kai Siegbahns forskargrupp. Jag har fokuserat mitt intresse till fotoelektron-spektroskopi och speciellt studerat olika effekter inom fasta tillståndets fysik. Synkrotronstrålningsforskning har jag bedrivit inom IBM-gruppen vid Tantaluslagringsringen i Madison, Wisconsin. Jag blev professor i Uppsala 1989 och har varit användare av MAX-lab sedan dess start 1985.
- Det är väsentligt att slutföra programmet för uppbyggnaden av de planerade strålrören så fort som möjligt. Vi har hittills mycket gott stöd från speciellt FRN och K&AW, vilket har möjliggjort för oss att bygga upp specialdesignade strålrör. För ett laboratorium likt MAX-lab är det viktigt att FRN kan fortsätta att spela denna roll.
- Jag har ännu inte haft tid att göra detaljerade planer. Men priset kommer mycket lämpligt i tid i samband med uppstart av MAX II och det är klart att det kommer att utnyttjas för forskning vid MAX.

Pågående forskning i acceleratorfysik

Acceleratorfysikutvecklingen är om möjligt intensivare än någonsin. För det första skall det gamla injektorsystemet bytas ut och samtidigt skall det byggas

¹⁶⁸ MAX news, 12 1997.

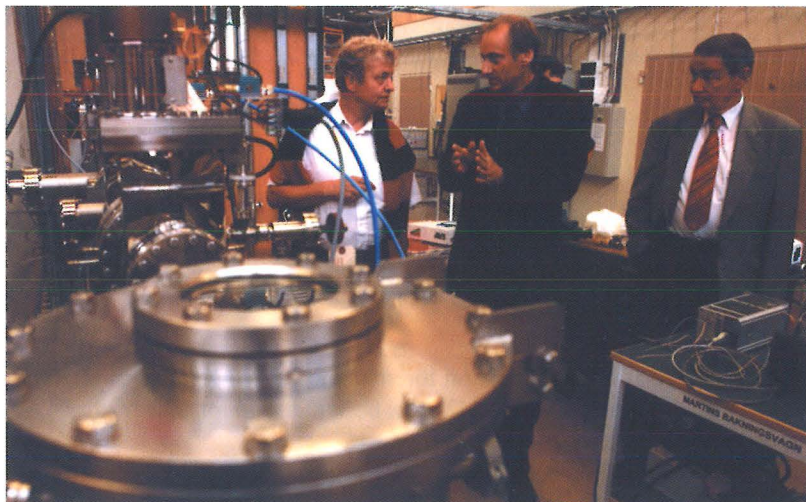


Fig 59 Tidigare utbildnings- och forskningsminister Per Unckel, föreståndare Nils Mårtensson och ordförande Lennart Linder-Aronson (1998) i samtal på MAX-golvet om stora sparbeting. Foto LUMs bildarkiv.

en ny lagringsring MAX III för 700 MeV elektroner. I nära samarbete med den nya avdelningen för synkrotronljusinstrumentering utvecklas nya insättningsselement för MAX II- och MAX III-ringarna. Mycket intressant är utvecklingen av en supraledande multipol-wiggler med 47 poler och fältstyrka 3,5 tesla. Wiggleren byggs på MAX-lab.

Speciellt spännande är planerna på utveckling av frielektron-laser vid MAX-lab. Styrgruppen för NFRs internationella utvärdering av de nationella forskningsanläggningarna 1997 var något tveksam inför planerna på frielektron-laser. Man förordade att utvecklingen av insättningsselement vid MAX II prioriterades. NFR har tagit ställning i frågan och rekommenderar att laboratoriet även skall följa med i utvecklingen av nya acceleratorbaserade ljuskällor såsom frielektron-laser.¹⁶⁹

Injectorssystem och MAX III-ringen

Den gamla 100 MeV race-track mikrotrotronen är utsliten. Den invigdes 1979 och är nu över 20 år gammal. Det är en hög ålder för en accelerator. Den var ett rent hemmabygge och har gjort sig förtjänt av att pensioneras. När planerna

¹⁶⁹ Överenskommelse mellan NFR och MAX-laboratoriet 2000-03-21 undertecknat av Kåre Bremer (huvudsekreterare NFR) och Nils Mårtensson (föreståndare MAX-lab).



Fig 60 Greg LeBlanc och Magnus Bobberg monterar en av de supraledande spolarna till wigglermagneten (2000). Foto Mikael Johansson.

på en ny injektor tog form funderade acceleratorgruppen först på att skaffa en linac på 500 MeV. En sådan linac skulle kunna injicera elektroner direkt i MAX II-ringen och de båda MAX-ringarna frikopplas från varandra. Samtidigt skulle linacen kunna utvidga kärnfotoprogrammet till 200 MeV. Dessutom skulle en sådan anläggning kunna bli basen för en frielektron-laser för det ultraviolette området och mjukröntgen-området. Ett sådant system skulle komplettera de infraröda frielektron-lasrar, som är baserade på optiska kaviteter.

När planerna framskred övervägde man en mera ekonomisk lösning att skaffa en 50 MeV linac som injektor till en 600 MeV booster (startring). Denna ring kunde sedan injicera elektroner till såväl MAX I som MAX II. Ovanpå boostern ville man placera en ny lagringsring för 600 MeV elektroner, MAX III. Lagringsringen skulle dels kunna betjäna synkrotronljusforskarna med nya strålrör från insättningsselement men också öppna möjligheter för forskning med frielektron-laser i såväl IR- som UV-området. Detta förslag skulle på många sätt anpassa sig väl till EU-samarbetet, att utveckla kombinerade anläggningar för synkrotronstrålning och VUV frielektron-laser. MAX-lab deltar i detta samarbete tillsammans med ELEKTRA (Trieste), ENEA (Frascati), CEA (Paris), DELTA (Dortmund) och CLRC (Warrington).

Konstruktionen blev dock för tung för MAX-lab och planerna måste ytterligare modifieras. FRN hade redan finansierat ett nytt injektorsystem, och

det gällde att hålla sig inom ekonomiska ramar vid planeringen. I det slutgiltiga, tredje förslaget kommer injektorsystemet att bestå av två linacs på vardera >125 MeV. De är beställda från företaget ACCEL. Med en 35 MW klystron erhålls en maximal energi av 77 MeV, vilket är otillräckligt. Genom att placera ett SLED-system, som är en lagringskavitet för det elektriska fältet, mellan klystronen och linacen kan man få en förstärkning av stråleenergin med en faktor 1,8 på bekostnad av en kortare puls. På detta sätt uppnår man gott och väl den önskade energin av 125 MeV per linac.

Tanken är att leda elektronerna två gånger genom de parkopplade linacs och därefter injicera dem i MAX I, i MAX II men också i en ny lagringsring, MAX III-ringen för 700 MeV elektroner. Denna ring kommer att avlasta användartrycket på MAX II genom att producera UV-strålar från sju insättningsselement i den nya ringens raksträckor och IR-strålning från böjmagneterna.

Det linac-baserade injektorsystemet är dessutom idealiskt för ett forskningsprogram med frielektron-laser som sträcker sig från IR till UV-området. Det nya systemet ger också möjlighet att frikoppla kärnfysikprogrammet från MAX II-ringen och utvidga programmet till högre energier.

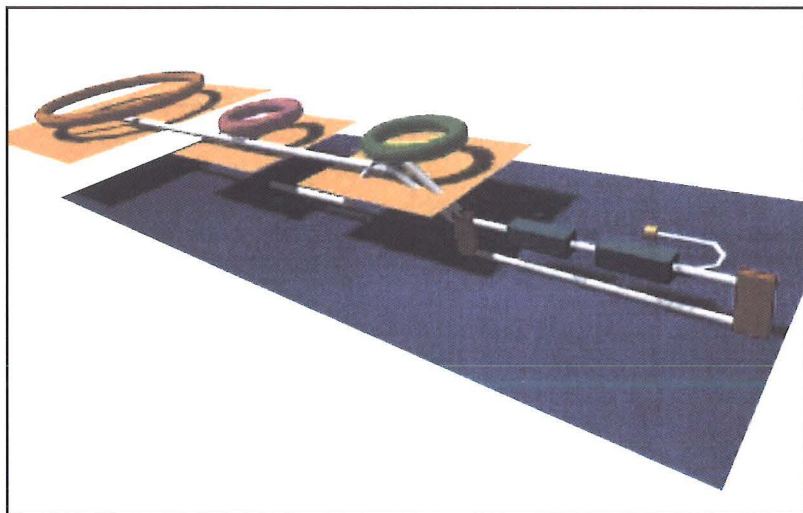


Fig 61a Principskiss över det nya injektorsystemet med två 125 MeV linacs igenom vilka elektronerna passerar två gånger och uppnår energin 500 MeV. I skissen är de tre MAX-ringarna inritade. Den nya mellersta ringen skall lagra 700 MeV elektroner.



Fig 61 b Sverker Werin och Håkan Svensson under monteringen av det nya injektorsystemet (2000). Foto: Mikael Johansson.

Injektorsystemet och MAX III-ringen planeras vara färdigbyggda under år 2002. Det är inte alls otroligt att den nya MAX III-ringen invigs år 2003, som Ingolf Lindau förutspådde på skämt 1995 vid invigningen av MAX II.

Pågående forskning med synkrotronljus

Användartrycket på de två MAX-ringarna är mycket stort. Vi har också sett att antalet användare kraftigt ökar år från år. Det spännande är att det är nya grupper som söker sig till MAX-lab. Intresset från kemister och biologer växer. Möjligheterna vid MAX II att erhålla hård röntgenstrålning tack vare supraledande insättningslement har gjort att röntgenspektroskopister, som gärna utnyttjar ESRF även ser möjligheter att utföra stora serier experiment vid MAX-lab. Experimentvolymen av den storlek som önskas är otänkbara vid ESRF. Samtidigt är det bekvämt att ha synkrotronljuskällan inom gångavstånd eller åtminstone nästgårds. Den nya MAX III-ringen kommer att avlasta MAX II och ge utökade möjligheter att bedriva IR-, VUV- och mjukröntgenforskning. Viktigt för den framtida utvecklingen är den nya supraledande multipol-wigglern som bör ge användbar röntgenstrålning upp till energier av 25 keV.

Det är inte möjligt att här redogöra för all den forskning som pågår vid

MAX-lab men jag har haft hjälp med att välja ut några områden som exempel på vad som görs och kommer att göras.¹⁷⁰

Proteinkristallografi

För att förstå egenskaperna hos en kemisk förening måste man ha kunskap om den tredimensionella strukturen, dvs den relativa placeringen, av atomerna i substansen. Exempelvis ger kunskapen om biomolekyler struktur ökad kunskap om deras påverkan på den mänskliga kroppen. Detta kan vara utgångspunkten för att utveckla ny medicin. På liknande sätt kan man utveckla nya material med specifika egenskaper. Röntgenkristallografi är ett kraftfullt hjälpmedel för att kartlägga den tredimensionella strukturen.

Strålröret I711 på MAX II är uppbyggt för kristallografi och utrustning finns för strukturbestämning av proteinkrystaller, små molekyler och oorganiska föreningar (pulverdiffraktion). Strålröret utnyttjar ljuset från en 13-periodig multipolwiggler på 1,8 tesla som levererar synkrotronljus i området 0,8–1,6 Å eller 15,5–7,8 keV. Strålröret har mycket goda prestanda och ger data vid rimligt korta mättider, något som ytterligare kommer att förbättras med en ny CCD-detektor (Charged-Coupled Device). En fortsatt expansiv verksamhet förväntas under de kommande åren, vilken inbegriper i stort samtliga kristallografigrupper i landet. En viktig framtida utveckling är uppbyggnaden av ett nytt strålrör där den sk MAD-tekniken (MAD = Multi-wavelength Anomalous Diffraction) kan utnyttjas. Detta nya strålrör bekostas av K&AW och kommer att öka kapaciteten kraftigt eftersom man kommer att kunna betjäna tre olika experimentstationer samtidigt.

Diffraktionsmönstret (reflexionerna) som erhålles då kristaller bestrålas samlas upp av en detektor känslig för röntgenstrålning. Ur resultaten kan sedan atomlägena räknas fram. Detta kräver bestämningar av såväl intensiteter i olika vinklar som mer besvärliga fasbestämningar och medför ett ganska omfattande mätprogram. Strålröret I711 är utrustat med tre olika detektorer: en huvudsakligen för makromolekylär kristallografi, en annan för små molekyler och diffraktion från pulvriserade prover och en tredje som är lämpad för tidupplösta studier av pulverprover.

Ribosomerna består av en grupp mycket komplicerade strukturer av protein och RNA och fungerar som fabriker. Där tillverkas de protein cellen behöver för att kunna fungera tillfredsställande. Att kunna kartlägga ribosomernas struktur är drömmen för många av dagens biokemister – även för Anders Liljas som är forskningsansvarig för strålrör I711.

¹⁷⁰ En kort beskrivning av existerande och planerade strålrör vid MAX I och MAX II redovisas i bilaga 3.

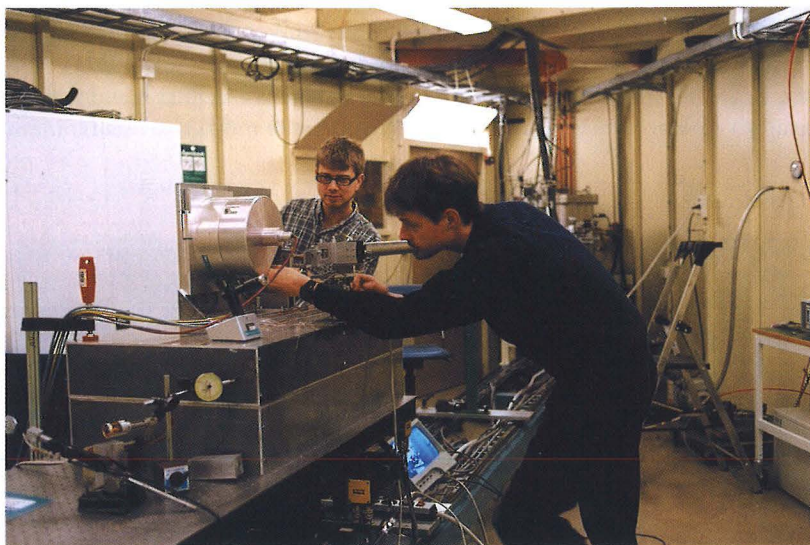


Fig 62 Yngve Cerenius, molekylär biofysik LTH, och Johan Thånell, MAX-lab, vid strålrör I711 (2000). Foto: Mikael Johansson.

Läkemedelsindustrin är intresserad av röntgenkristallografi. Vid strålrör I711 hyr Astra Zenica och det danska företaget Novo Nordisk AS in sig. Industrins intresse kommer att öka framöver i och med att kapaciteten ökar. Flera nya tillämpningar är aktuella. Ett exempel är studium av strukturen och den snabba fasförändringen i cement vilket bör leda till bättre produkter.

Röntgenlitografi

Inom området röntgenlitografi finns många utvecklingsområden inte minst med tekniska tillämpningar. Strålröret D811 har bekostats av TFR och med detta har man under åren 1999 och 2000 gjort stora framsteg. Strålröret är den första röntgenlitografi-stationen i Skandinavien. Avsikten är att skapa ett nätverk av användare som skall samla och dela med sig av kunskap inom området mikrofäbrikation. I detta nätverk kan MAX-lab fungera som nav.

Avsikten är att använda strålröret till att framställa nanostrukturer med röntgenstrålning i energiområdet 1–2 keV och mikromekaniska strukturer i energiområdet 3–9 keV. Framöver kan man inom detta område förutse en stark teknisk utveckling med tillämpningar inom mycket skilda områden. Samtidigt pågår på MAX-lab mera fundamentala studier av fotoresistorer för att finna optimala betingelser.

De första mjukröntgenexponeringarna för nanolitografiändamål utfördes

under hösten 1999. Nu pågår en lansering av tekniken hos presumtiva brukare, där man visar hur det är möjligt att producera billiga skräddarsydda mönster. Redan nu finns det ett stort intresse för denna nya facilitet bland forskargrupper i Sverige. I närliggande bild visas vad som är möjligt att åstadkomma.

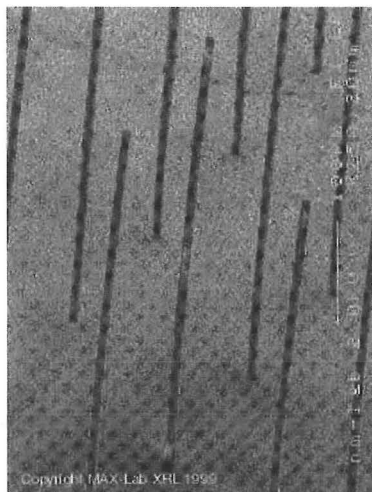


Fig 63 a 8 μ m tjocka pelare producerade i en 480 μ m tjock resistor

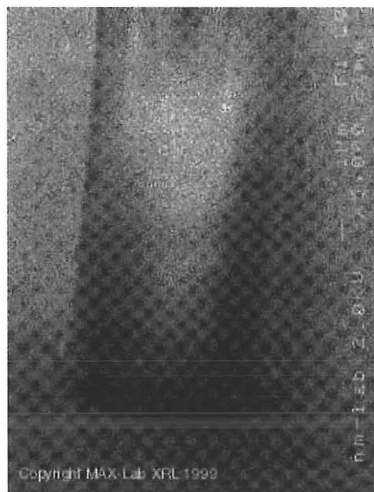


Fig 63 b Basen hos en av pelarna. Basens diameter är 9 μ m.

Högupplöst spektroskopi

Vid flera strålrör på MAX-lab bedrivs högupplöst spektroskopi. Ett sådant strålrör är 73 vid MAX I. Här utnyttjas synkrotronljusets infraröda strålning för studier inom fysikalisk kemi, bl a molekylära komplex. Verksamheten initierades 1990 förtjänstfullt av Bengt Nelander och han har allt sedan dess utvecklat tekniken. Spektroskopin har blivit ett samnordiskt projekt som visat sig vara mycket fruktbart.

Som ett exempel kan nämnas studier över kemiska processer som sker i atmosfären. Dessa processer inrymmer bl a nerbrytningen av kolväten och förstöringen av ozonlagret. Högupplöst IR-absorption är en användbar metod. Fördelarna med MAX I-ringen är att den är 4–10 gånger intensivare som IR-källa än en konventionell termisk laboratoriekälla. Detta medför betydligt kortare bestrålningstider vilket är av stor betydelse då man arbetar med instabila prover som snabbt reagerar eller sönderfaller.

Under 1999 utfördes testexperiment med ett IR-mikroskop. Resultaten var mycket positiva och visade att data kunde erhållas med högre lateral upplösning än vid användandet av konventionella ljuskällor. Metoden har stora användningsområden eftersom man med IR-spektroskopi ganska enkelt kan identifiera specifika kemiska bindningar. Detta gäller såväl organiska som oorganiska system och även stora biomolekyler. Redan från dessa första tester står det klart att forskargrupper inom så vitt skilda områden som kemi, geologi, biologi och medicin kommer att bli intresserade.



Fig 64 Bengt Nelander, termokemi LU, och Mikael Johansson, MAX-lab, vid strålrör 73 (2000). Foto: Mikael Johansson.

ESCA-strålröret för studier av fasta ämnen, ytor och adsorberade molekyler planerades redan i mitten på 80-talet och stod färdig under tidigt 90-tal. Det kallades strålrör 22 eller helt enkelt 22an. Dess prestanda vad gällde spektralområde, energiupplösning och fotonflux var ypperliga även i internationell jämförelse. Det blev möjligt att utföra högupplösta mätningar bl a på de innersta elektronerna i bundna kolutomer, mätningar av stor betydelse på grund av kolets viktiga roll i naturen. Strålrörets goda prestanda erhöles genom att finna en lyckad kombination mellan monokromator och analysator.

Bland många goda erhållna resultat vid 22an framträder särskilt ett där det gällde att finna finstruktur i energinivåer hos de innersta elektronerna hos

kolatomer tillhörande molekyler som är adsorberade på en yta. Denna finstruktur uppkommer när en bestämd våglängd i synkrotronljuset plötsligt får någon av dessa innersta elektroner att slungas ut. Processen skapar vibrationer i den adsorberade molekylen. Vibrationsenergierna är kvantiserade och leder till att energispektret för den utstötta elektronen får en finstruktur. Denna finstruktur hade forskare sökt efter i mer än 20 år och nu lyckades det vid det nyetablerade MAX-lab (se fig. 65).¹⁷¹

Strålrör 22 är nu flyttad från MAX I-ringen till MAX II och kallas strålrör D1011. Här fortsätter de högupplösande experimenten likaväl som vid de nya undulatorbaserade strålrören.

Ett sådant undulatorbaserat strålrör är I411. Det byggdes upp av finnar vid MAX I och hette då strålrör 51 men modifierades sedan av uppsalafysiker och flyttades till MAX II. Även här bedrivs det högupplöst spektroskopi och även här utförs fundamentala studier av kvantmekaniska processer. Växelspelet mellan atomkärna, elektroner och elektromagnetisk strålning i en molekyl är mycket komplext och dynamiskt. Elektronerna i molekylen kan delas upp i löst bundna valenselektroner och djupt liggande elektroner. Valenselektronerna hos närliggande atomer samverkar och ger upphov till kemiska bindningar, medan de

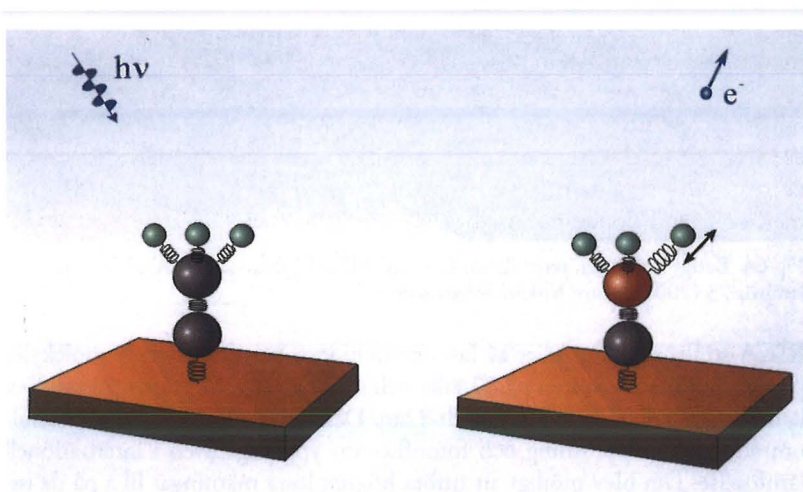


Fig 65a Principskiss över hur en synkrotronljusfoton med bestämd energi exciterar en kolatom i ett ethylidyne-adsorbat ($\text{CH}_3\text{C}\equiv$) på en rodiumyta. En av de innersta kolelektronerna slungas ut och samtidigt fås molekylen att vibrera.

¹⁷¹ J N Andersen et al, Chem Phys Lett. 269 (1997) 371.

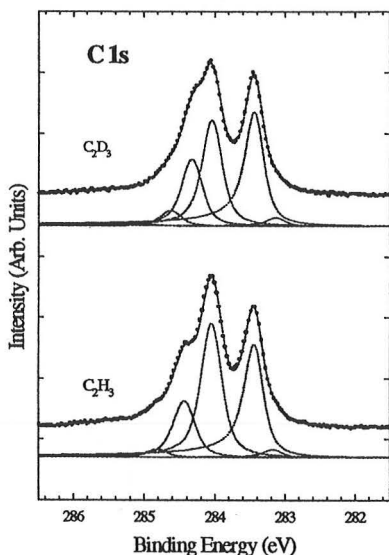


Fig 65 b De experimentella resultaten över energifördelningen av de utslungade fotoelektronerna visar dels två höga toppar svarande mot de två kolatomerna som har olika lokal geometri och dels en tydlig skuldra tillhörande toppen med högre bindningsenergi (obs allt högre energier åt vänster i fig). Denna skuldra kommer närmre toppen om väteatomerna i ethylidyne-adsorbatet ersätts med tunga väteatomer (D). Detta tyder på att vibrationstillstånd skapats mellan den övre kolatomen och en väteatom.

djupt liggande elektronerna kring en atomkärna tillhör bara denna, en sanning med modifikation som framgår av ett experiment som snart beskrivs.

Genom att välja lämplig energi på fotonerna i synkrotronljusspektret kan man välja ut vilket atomslag i molekylen man vill excitera och om man vill excitera någon av de inre elektronerna i atomen. Beroende på karaktären på det exciterade tillståndet kan molekylen bringas att vibrera eller splittras. Om man väljer ut fotoner med väldigt väl definierad energi kan man excitera ett enstaka vibrationstillstånd. Ett sådant tillstånd har en livstid på ett par femtosekunder (10^{-15} s) och kan sedan sönderfalla genom att skaka av sig en elektron eller foton. I det förra fallet kallas elektronen en augerelektron. I det senare fallet är fotonen en rayleighfoton om molekylen sluttillstånd har samma energi som begynnelsestillståndet eller enklare om ingående och utgående foton har samma energi. Om den utgående fotonen har lägre eller eventuellt högre energi kallas den en ramanfoton (språkbruket är vacklande. I bland kallas båda typerna ramanfoton). Högre energi kan erhållas om molekylen begynnelsestillstånd var exciterat. Om man mäter elektronens energi och riktning med högsta precision ger detta detaljerad information om det komplexa växelspelet mellan atomkärnorna och elektronerna under excitationen och deexcitationen. Kunskap fås också om vibrationstillstånden. Om istället uppsplittring sker kan man på liknande sätt få information om denna ultrasnabba process.

På grund av den utomordentliga energiupplösningen både vad gäller ingående foton och utgående elektron vid strålröret har man kunnat utföra pionjärexperiment och har för första gången sett resonanta auger-raman effekter i VUV-området.

Strålröret I411 är väl lämpat för experiment med atomer och molekyler i gasfas, för metallångor, för vätskor och tunna filmer. De mätmetoder som utnyttjas är fotoelektronspektroskopi (XPS eller ESCA), röntgenstråleabsorption nära absorptionskanten (NEXAFS), resonans raman-auger spektroskopi, masspektroskopi av joner med tidflyktmätning, jon-elektron och elektron-elektron koincidens-spektroskopi.

Pågående forskning i kärnfotofysik

Forskningsgruppen i kärnfysik utnyttjar den sträckta elektronstrålen från MAX I tillsammans med laboratoriets högupplösande fotontagningssystem för att utföra experiment med monoenergetiska fotoner. Huvudinriktningen ligger på undersökningar av fotonreaktioner i det s k kvasideuteronområdet (50–100 MeV). I experimenten studerar man nukleon-nukleon korrelationer, mesonutbytesströmmar och fria och bundna nukleoners polarisabilitet.

Alla experimenten i kärnfotoprogrammet sker i samarbete mellan lundsgruppen och tillresande grupper. För närvarande pågår samarbete med grupper från Australien, Italien, Kanada, Ryssland, Skottland, Tyskland och USA.¹⁷²

Genom att kombinera den utmärkta fotonenergiupplösningen på ca 300 keV från taggningssystemet med bästa tänkbara detektorsystem har det lyckats gruppen att uppnå unik energiupplösning av fotoprotoner, fotoneutroner och fotonukleonpar. Detta har lett till att MAX-data skapat ett förnyat teoretiskt intresse inom foton-inducerade knockout-reaktioner.

Forskningsresultaten belyser själva fotoreaktionsmekanismen. Eftersom fotonen inte har någon massa måste en sekundär nukleon eller ett nukleon-cluster ta hand om rekylen då en fotonukleon kastas ut. I jätteresonansen är det hela restkärnan som tar hand om denna rekyl men vid högre energier verkar det som om nukleonkorrelationer före och/eller efter fotonväxelverkan är av stor betydelse för processen.

Ännu viktigare tycks mesonströmmarna i kärnan vara. Vid laboratoriet har

¹⁷² I bilaga 4 presenteras en lista över nyligen avslutade och pågående projekt samt deltagande forskarstuderande.

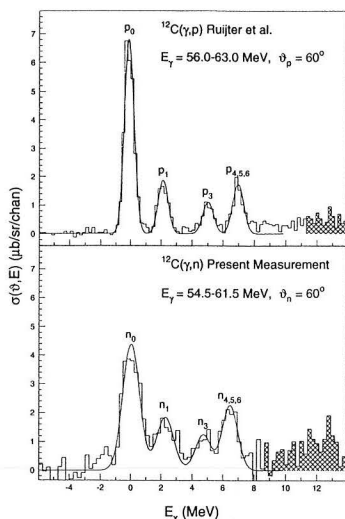


Fig 66 Fotoprotonspektrum och fotoneutronspektrum från ^{12}C vid utgångsvinkel 60° och fotonenergi kring 60 MeV. De två spektra visar samma struktur och ytorna under topparna är de samma i de två fallen. De högre topparna i fotoprotonspektrum visar endast att energiupplösningen av den emitterade fotopartikeln är bättre i protonfallet. PRL 71 (1993) 2703.

man kunnat bekräfta likheten mellan fotoproton- och fotoneutronreaktionerna.¹⁷³ Detta faktum är ett direkt bevis på betydelsen av korrelationskrafter.

Som redan nämnts är det Bent Schröders förmåga att leda och planera som skapat förutsättningarna för kärnfotoprogrammets framgångar och för utländska gruppers stora intresse att komma till MAX-lab. Det är därför en välförtjänt heder för honom att han befordrades till professor den 1 januari 2000.

Till sin hjälp i forskningsplanering och forskningshandledning har han under alla år haft Jan-Olof Adler. Även Jan-Olof Adler har under våren 2000 välförtjänt befordrats till professor. De sakkunniga lade särskild vikt vid hans mångåriga variationsrika forskning över fotoninducerade kärnreaktioner som startade redan vid 35 MeV lundasyklotronen, fortsatte vid 1,2 GeV maskinen LUSY och sedan med stor framgång bedrivits vid MAX-lab. Även hans stora ansvar vid uppbyggnaden av taggningssystemen vid MAX-lab observerades.

I samband med bytet av injektorsystemet vid MAX kommer stråltransport- och taggningssystemet att uppgraderas och fotonenergiområdet vidgas till 10–200 MeV. Denna uppgradering beräknas vara klar år 2002. Sedan länge är MAX-lab världsledande inom högupplösta kärnfotoexperiment.

Den högre energin gör att dessa studier snart kan fortsättas över tröskeln för pionproduktion (ca 150 MeV) med bl a högupplösta experiment där fotoner observeras. Värdet av sådana undersökningar har varit känt sedan länge

¹⁷³ J R M Annand et al, Phys Rev Lett 71 (1993) 2703.



Fig 67 Jan-Olof Adler visar det första taggningssystemet vid MAX-lab för Bengt Forkman (1987).

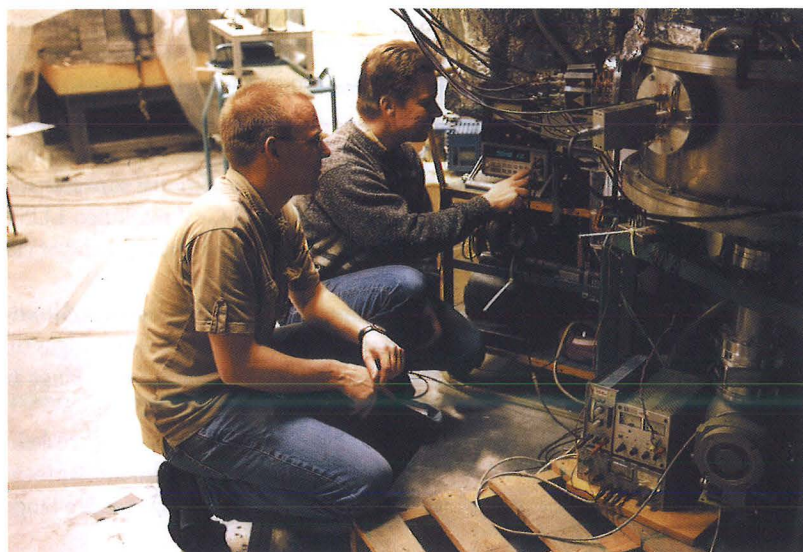


Fig 68 Magnus Lundin, kärnfysik LU, och MAX-lab, och Lennart Isaksson, kärnfysik LU, i kärnfysikgrottan MAX-lab (2000). Foto: Mikael Johansson.

men experiment med hög noggrannhet är sällsynta och speciellt sådana mätningar i vilka sluttillstånden kunnat upplösas.

Det ombyggda MAX-lab kommer att bli en av få faciliteter i världen där denna typ av undersökningar kan göras och intresset från utländska användare är stort. Laboratoriet kommer att ha tillgång till en $\pi^+\pi^-$ -spektrometer och dessutom planeras en π^0 -spektrometer.

Den nya högre energin öppnar också möjligheten för studier av tvåukleon-emission. Tvärsnittet för fotoninducerad NN-emission är relaterat till storheter som är känsliga för såväl parets relativa rörelse som för rörelsen i kärnan av parets tyngdpunkt. Den nödvändiga utrustningen för denna typ av undersökningar finns redan vid kärnfotolaboratoriet.

Att mäta smått och snabbt

Vid en framgångsrik forskningsinstitution är det nödvändigt att mäta med högsta precision. Med modern teknik har mätgränserna pressats till ständigt nya

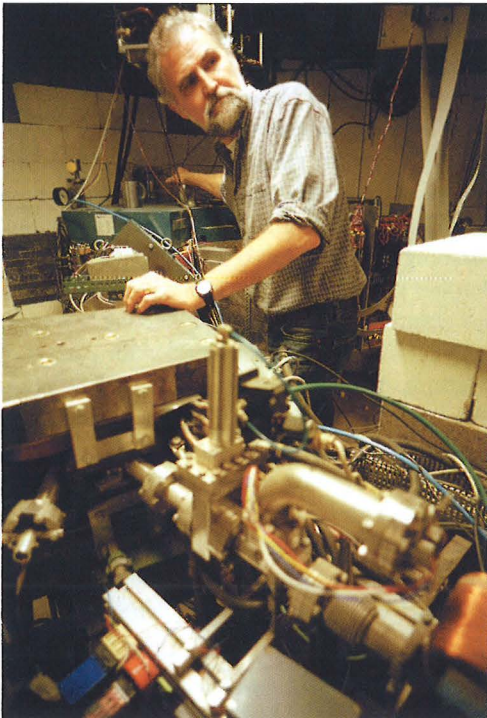


Fig 69 Kurt Hansen (2001) vid taggingmagneten i kärnfysikgrottan. Kurt Hansen är chef för forskarstöddgruppen vid MAX-lab. Han har sin bakgrund i kärnfotogruppen och disputerade 1991 på avhandlingen *Electron Scattering in the Delta Resonance Region*. Foto. Gunnar Menander

rekord. Detta gäller inom alla MAX-labs forskningsområden. Hur är det möjligt att bestämma elektronernas läge i acceleratoren? De går ju så fort och är ju så små. Är det verkligen möjligt att identifiera reaktioner och mäta deras reaktionshastighet när den är så snabb som 10^{-15} s? Hur gör man då man studerar om protoner och neutroner slungas ut samtidigt från en atomkärna då den belyses med γ -strålning av bestämd energi, speciellt om γ -källan sänder ut fotoner av alla tänkbara energier samtidigt? Detta är bara några av alla de frågor som gäster och forskare ställer sig vid MAX-lab, när det inte rör deras eget forskningsområde. Det är omöjligt att ge en total bild av mätmetoderna men för att ge ett intryck av nödvändigheten att mäta noggrant ges här några exempel.

Elektronstälens profil i MAX-ringarna

Utvecklingen av synkrotronljuskällor går mot allt mindre ljuskällor och allt snävare ljuskoner. Därför är det av största betydelse att mäta och kontrollera att elektronerna rör sig på rätt sätt i ringen. Varje felaktighet i ljuskällan ställer till problem för forskarna ute vid experimentstationerna. Det kan finnas både kort- och långtid-drifter. I det ideala teoretiska fallet studerar man hur en enstaka elektron rör sig genom acceleratorsystemet men i det praktiska fallet är antalet elektroner som cirkulerar i ringen 10^8 – 10^{11} beroende på om man studerar låg- eller högströmeffekter. Det tar 108 nanosekunder för elektronerna att gå runt i MAX I-ringen men de är inte jämnt fördelade i ringen utan kommer i 54 klungor per varv. Varje klunga har vid låg ström en längd av drygt en halv centimeter och det tar därför ca 20 pikosekunder (20×10^{-12} s) för den att passera en punkt i ringen. Det är snabba förlopp som skall studeras och det krävs därför snabb mätteknik. Längdmätningen görs med ett optiskt sampling oscilloskop (OSO) som triggas av högfrekvensresonatoren med alltmer ökad fördröjning i pikosekundklassen. Vid högströmkörningarna påverkar mängden elektroner varandra och det uppträder kollektiva effekter som stör stabilitet och vidgar elektronstrålen/ljuskällan till nackdel för experimentatorerna. Elektronklungorna blir 4 gånger längre och tiden för passage ca 100 ps. Här uppstår således ett dilemma. Man vill producera ljus med hög intensitet men samtidigt vill man ha en smal ljuskon och stabila förhållanden.

I MAX II-ringen är omkretsen 90 m och det finns därför istället 150 klungor per varv. Även i MAX tar det ca 20 ps för en elektronklunga att passera vid lågström. Eftersom man vill att livstiden för elektronerna i ringarna skall vara lång, upp till 20 timmar, krävs det ett ultragott vakuum och en väl definierad elektronstråle. Man kan mäta strålens utsträckning horisontellt och vertikalt vinkelrätt mot rörelseriktningen enligt olika metoder.¹⁷⁴ Vid mät-

¹⁷⁴ Åke Andersson *Electron beam profile measurements and emittance manipulation at the MAX-laboratory*, thesis Lund 1997.

ningarna av MAX II-strålen utnyttjades att synkrotronljuset är polariserat. Den synliga delen av synkrotronljuset avbildades med antingen ett linssystem eller genom interferens mellan en del av ljuskonen som går direkt och en annan del av ljuskonen som träffar en spegel under strykande infall. De erhållna bilderna studerades med hjälp av en CCD-kamera när polarisatorn ställdes antingen vertikalt eller horisontellt. Elektronstrålens tvärsnitt i vertikalled vid lågströmmätningar är ca $20\text{ }\mu\text{m}$ tjockt och i horisontalled 5 gånger tjockare.

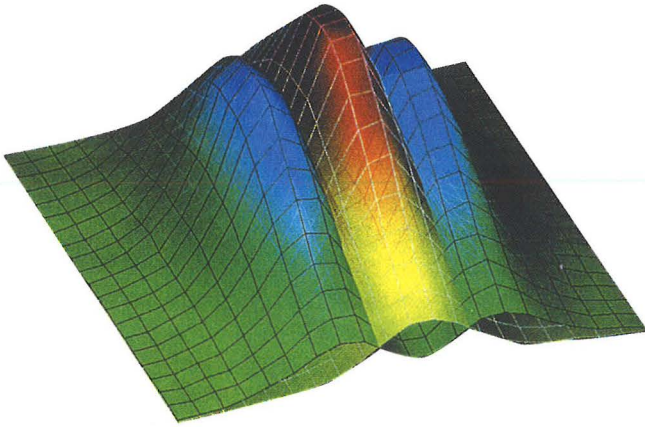


Fig 70 Med synligt synkrotronljus uppmätt strålprofil i MAX II-ringen vid låg ström. Strålen är ca $20\text{ }\mu\text{m}$ i vertikalled (x-axeln) och ca 5 gånger bredare i horisontalled (y-axeln); z-axeln ger intensiteten. Den centrala profilen i figuren visar mätningar med horisontalpolariserat ljus och profilen med en sänka centralt erhålles med vertikalpolariserat ljus.

I figuren ser man intensiteten av ljuset i tvärsnittet på olika avstånd från strålcentrum för såväl horisontell som vertikal polarisation. Den höga åsen centralt i bilden gäller för ljus polariserat horisontellt och den bild som har en sänka i mitten gäller för vertikalt polariserat ljus. Sänkan löper horisontellt i tvärsnittet och åsarna är brantast vertikalt. Sänkans djup kan utnyttjas för att se hur nära man experimentellt är det ideala teoretiska fallet. Ur figuren framgår att elektronströmmen är mycket smal i vertikalled vilket är till stor fördel inte minst kostnadsmässigt eftersom magnetgapen i lagringsringens magnetsystemet kan hållas nere.

Ultrasnabb uppsplittring av syremolekylen

Det experiment som nu skall beskrivas har utförts vid strålrör I411 varvid man studerade den ultrasnabba uppsplittringen av syremolekylen i två syreato-

mer.¹⁷⁵ När röntgenstrålning med rätt energi (0,539 keV) träffar syremolekylen, lyfts en av de innerst bundna elektronerna som ligger i 1s-bana upp till en repulsiv σ -orbital. Syremolekylen sägs ligga i excitationnivån $1s^{-1}3\sigma_u$. Detta tillstånd kallnar ultrasnabbt. Deexciteringen kan ske genom ett augersönderfall där en elektron från den yttersta banan (valenselektron) faller ner i syreatomens $1s^{-1}3\sigma_u$ -hål och en annan valenselektron (augerelektron) emitteras. Men tillståndet $1s^{-1}\sigma$ är också starkt benäget för uppsplittring av syremolekylen. Båda processerna konkurrerar med varandra, den förra sker under ca 3 femtosekunder (3×10^{-15} s) och den senare något långsammare.

Kvantmekaniskt är det omöjligt att knyta det uppkomna elektronhålet till en av de båda syreatomerna. Excitationstillståndet måste betraktas som ett blandtillstånd där båda syreatomerna tar lika del och som kan skrivas $O^*O + OO^*$. Eftersom de ingående synkrotronljusfotonerna är polariserade kommer de att ha E-vektorn i en bestämd riktning vinkelrätt mot rörelseriktningen. Därför påverkar de i huvudsak enbart de syremolekyler i provet som har bandet mellan sig i E-vektorns riktning. Deexcitationsprocessen är så snabb att den är 100 gånger snabbare än vad det tar för molekylen att rotera ett varv. Därför står alla syremolekylerna som exciterats i huvudsak i samma riktning under hela processen. Denna kvalitet att synkrotronljuset är polariserat är en avgörande punkt för hela experimentet. Vad händer nu när den exciterade molekylen splittras?

Spektrometern som mätte augerelektronens energi ställdes i två riktningar, först parallellt med de ingående röntgenfotonernas polarisation och sedan vinkelrätt mot denna riktning. I den första uppställningen visade augerelektronerna två toppar i sitt energispektrum medan i den andra uppställningen det endast fanns en bred topp. Detta var just det förväntade resultatet. I det parallella fallet var det antingen den syreatom som avlägsnade sig från detektorn som sände ut sin augerelektron eller också var det den syreatom som nalkades detektorn som sände ut sin. Det är dopplereffekten (effekten att en sändare som närmar sig en observatör tycks ge en energirikare signal medan en som fjärrnar sig tycks ge en energifattigare) som medför att vi får två toppar i elektronernas energispektrum. Vårt kvantmekaniska blandtillstånd har kollapsat och vi ser den utsända elektronen antingen från den ena eller den andra syreatomen. När vi observerar sönderfallet i den vinkelräta uppställningen har de båda syreatomerna samma hastighet i förhållande till detektorn och därför får vi bara en energitopp i elektronspektret. Här lever blandtillsåndet vidare, eftersom vi inte kan avgöra från vilken av de två syreatomerna som den emitterade elektronen kommer. Energidifferensen mellan topparna i parallellfallet

¹⁷⁵ Björneholm et al *Doppler Splitting of In-Flight Auger Decay of Dissociating Oxygen Molecules: The Location of Delocalized Core Holes* Phys Rev Lett 84 (2000) 2826.

(dopplersplittringen) svarar mot att de två syreatomerna fjärmars från varandra med en hastighet av 14 km/s eller $0,14 \text{ \AA} / \text{fs}$. Detta kan jämföras med avståndet mellan atomerna i molekylens jämviktstillstånd som är $1,21 \text{ \AA}$.

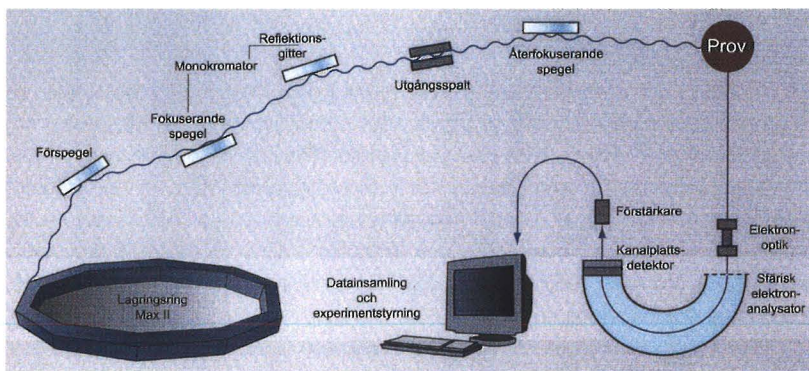


Fig 71 Schematisk uppställning av strålrör I411 från undulater fram till datorskärm.

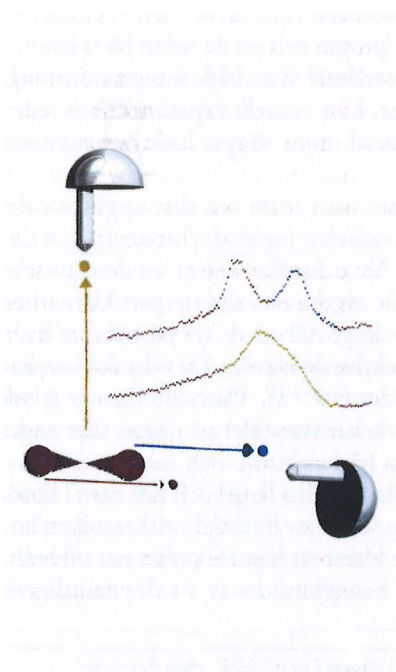


Fig 72 Uppmätning av energispektrum av augerelektroner då syremolekylen O_2 bestrålas med polariserat synkrotronljus. Augerelektronerna kan härröra antingen från en odissocierad syremolekyl eller från en av syreatomerna efter det molekylen splittrats upp. I figuren kommer ljuset in mot bildplanet och det är polariserat horisontellt. Om även elektrondetektorn (den vita symbolen) är inriktad horisontellt erhålles det övre spektrum i figuren som består av två toppar. Dessa toppar svarar mot att det antingen är den syreatom som fjärmars sig från detektorn som sänder ut en energifattig augerelektron (ritad röd), eller också är det den syreatom som närmar sig detektorn som sänder ut en energirik augerelektron (ritad blå). Energiskillnaden beror på dopplereffekten. Om vi flyttar elektrondetektorn så att den är inriktad vertikalt erhåller vi det undre elektronenergispektrum (elektronen ritad vit). Nu syns bara en topp eftersom de två syreatomerna fjärmars sig lika fort från detektorn.

Helt ny kunskap kan erhållas vid studier av denna art. Det är närmast otroligt att det nu är möjligt att studera kemiska processer från deras allra första början. Snart kommer det att gå att följa den kemiska konserten från ouvertüren till the grand finale och inte enbart uppleva slutakten.

(γ , pn)-reaktioner

Vi vet redan att energirika elektroner som uppbromsas i ett folie sänder ut bromsstrålning, en energirik röntgenstrålningen. Denna bromsstrålning har ett kontinuerligt energispektrum från låga till höga energier beroende på hur mycket elektronen förlorat i energi vid passagen genom foliet. Vi vet också att det går att märka "tagga" de utgående fotonerna genom att böja de uppbromsade elektronerna i ett magnetfält och bestämma deras energi. Till varje elektron hör en foton och deras sammanlagda rörelseenergi svarar mot den ingående elektronens energi (fig 20 sid 75).

Dessa taggade fotoner träffar ett strålmål som innehåller de atomkärnor vi vill studera. Kärnreaktionen $^{16}\text{O}(\gamma, pn)^{14}\text{N}$ är en reaktion som på många vis är intressant. Genom att bestråla vatten kan man studera om det finns pn-par inne i syrekärnan som absorberar fotoner (naturligtvis kan processen även ske i två steg där först en proton/neutron absorberar fotonen och sedan på sin väg ut ur kärnan kolliderar med en neutron/proton och att de sedan båda lämnar kärnan). Det gäller att ha ett tunt vattenstrålmål så att både fotoprotonen och fotoneutronen lätt kommer ut ur provet. I ett aktuellt experiment användes ett 0,4 mm tunt vattenskikt som strålmål. Som väggar hade vattenprovet mycket tunna mylarfolier.¹⁷⁶

För att studera denna reaktion måste man mäta om den uppbromsade elektronen, den utgående fotoprotonen och den utgående fotoneutronen detekteras samtidigt i tre olika detektorer. Varje partikel kräver sin detektorteknik med ultrasnabb elektronik som kan avgöra om alla tre partiklarna hör ihop. Vid mätningarna måste man ta hänsyn till att de tre partiklarna hade olika flykttider innan de nådde sina respektive detektorer. De tider det handlar om ligger i området 1–100 nanosekunder (10^{-9} s). Plastsintillatorer är väl lämpade för dessa mätningar eftersom de har svarstider på någon eller några nanosekunder. Man fördröjde pulserna från elektron- och neutrontektorerna genom att låta dem gå genom kablar av olika längd och fick dem i koincidens med pulsen från protondetektorn som blev fördröjd i elektroniken hörande till teleskopet. Modern elektronik klarar att hantera pulser ner till bråkdelar av en nanosekund. Mätningarna komplicerades av att det naturligtvis

¹⁷⁶ L Isaksson et al *pn-Pair Coupling in the (γ , pn) Reaction at 72 MeV*, Phys Rev Lett 83 (1999) 3146.

inte bara är koincidenta partiklar som detekterades. Det fanns också partiklar från andra reaktioner som av en tillfällighet inträffade samtidigt.

Låt oss nu närmre se på det aktuella experimentet. Först granskar vi elektron-detekteringen. De uppbromsade elektronerna böjdes av i vakuum av ett magnetfält och fick träffa en stege av 5 mm tjocka och knappt 20 mm breda plastscintillatorer.

Protondetektorn bestod av två tunna dE/dx -plastdetektorer som mätte hur mycket protonen bromsades upp vid passage och en tjockare E-detektor som bestod av en uppställning av 20 stycken CsI(Tl)-detektorer som mätte partikelns energi. I ett dE/dx -E diagram kan man avgöra om den inkommande partikeln är en proton, någon annan tyngre partikel eller en bakgrundselektron.

Eftersom neutroner är oladdade är de svårare att detektera. Man måste utnyttja neutronens möjlighet att kollidera med protoner i ett vätehaltigt material och mäta på protonerna. Eftersom protonerna vid kollisionen kan få alla energier från noll upp till neutronens ingångsenergi kan man inte mäta neutronens energi på detta sätt. Man kan enbart mäta att det förekommit en neutron. Energin måste istället mätas med en flygtid-teknik (time-of-flight). I den undersökning vi diskuterar här användes en uppställning av plastdetektorer som var 2–3 m långa, 2 dm breda och 0,5–1 dm tjocka. Avståndet till vattenprovet var 4–5 m. Den totala uppställningen och de erhållna resultaten visas i figur 73.

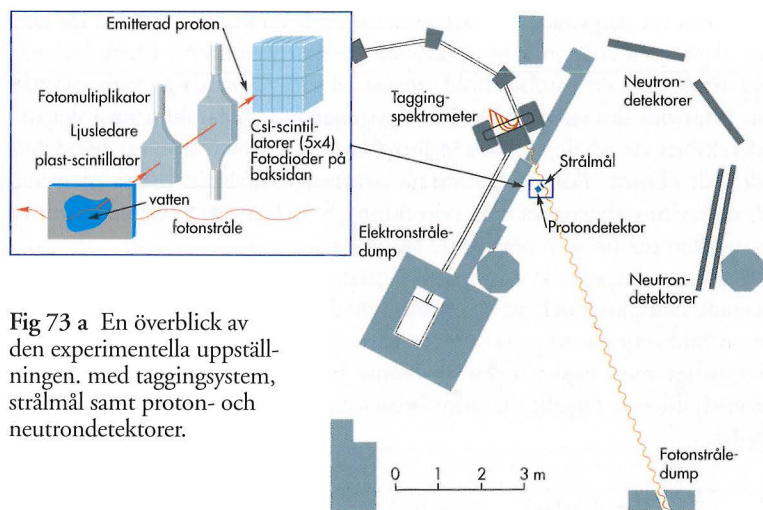


Fig 73 a En överblick av den experimentella uppställningen, med taggningssystem, strålmål samt proton- och neutrontektorer.

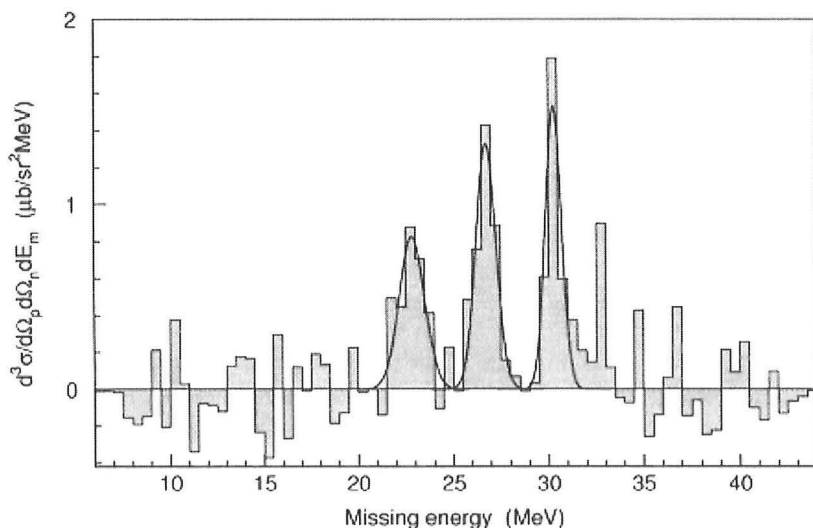


Fig 73 b Energidifferensen mellan ingående foton och utgående np-par ger excitationens energi hos restkärnan. Diagrammet visar detta differensspektrum och energitopparna kan identifieras med kända energinivåer i ^{14}N -kärnan. Resultatet bekräftar att man studerat den aktuella kärnfotoreaktionen.

I själva dataanalysen som skedde efter bestrålningen analyserades pulserna från de tre detektorerna. De pulser från prototeleskopet som uppfyllde villkoret för portoner genom $dE/dx - E$ relationen sorterades fram. Eftersom neutron-detektorerna var långsträckta måste man för att få en korrekt flyktid för neutronen avgöra var någonstans neutronen träffade detektorn. Detta lyckades genom att placera ett fotomultiplikatorrör på varje kortsida av varje plastdetektor. Eftersom det tar olika tid för den genererade ljuspulsen som skapas i plastdetektorn att nå de två kortändorna kan man bestämma var händelsen skedde i detektorn. För att bestämma neutronens flyktid måste man veta ljusets utbredningshastighet inne i detektorn. Som framgår av denna skildring krävs mycken teknik som pressas till sitt yttersta.

Dessa tre exempel vill visa att varje experiment kräver sin speciella mycket avancerade mätteknik och att en experimentalfysiker får en bred kunskap under sin utbildning att utnyttja modern mätteknik.

Samtidigt med utgivningen av denna bok kommer det ut en trevlig, kunskapsfylld och färgrik 40-sidig broschyr/bok om aktuell forskning vid MAX-lab.¹⁷⁷

¹⁷⁷Helena Tillborg (projektledare) MAX-lab, MAX-lab 2001.

MAX rötter och varför det blev ljus

MAX-labs ursprung

Det kan vara intressant att försöka finna MAX-labs rötter, om inte för annat så för att finna ett historiskt perspektiv på utvecklingen vid laboratoriet. Men det är inte lätt att avgöra vilka rottrådar som lett fram till MAX-lab. I ett kortare tidsperspektiv kan man mycket väl hävda att dagens MAX-lab startade år 1979.

Då tillstyrkte NFR att MAX-acceleratorns pulssträckare skulle utvecklas till att även bli en lagringsring för 500 MeV elektroner. Andra kan med rätta mena att MAX-lab startade när MAX-projektet var formulerat i december 1973, även om det då enbart var tänkt som ett kärnfysikprojekt.

Själv menar jag att årtalet bör sättas till 1954, då 35 MeV-synkrotronen från KTH var installerad på Fysikum och forskning påbörjades med snabba elektroner. För att en forskningsavdelning inom ett experimentellt ämne skall bildas måste det finnas en forskarhandledare, några forskarstuderande och en tekniker. Så blev fallet den 20 februari 1954 då ingenjör Lars Hansson anställdes vid 35 MeV-synkrotronen. Sven Johansson var forskarhandledare inom kärnfysik och själv var jag forskarstuderande. Dessutom bedrevs det forskning inom genetik. Radiofysikern Jan Cederlund var ansvarig för själva maskinen. Det var ju radiofysikern Kurt Lidén som skaffat den till Lund.

Men man kan också hävda, som Olle Wernholm, att 2 MeV-betatronen som han byggde 1945 på Hannes Alfvéns tillskyndan är Urmax. Då startade svensk utveckling av elektronacceleratorer. Det vore också riktigt att säga att startåret var 1939 eftersom Sveriges första accelerator stod färdig på AFI detta år, byggd av Sten von Friesen¹⁷⁸. I så fall måste man beakta den avgörande

¹⁷⁸ S von Friesen *Minnen från 80 cm-cyklotronens historia*, Fysik i Frescati 1937–1987, Manne Siegbahninstitutet för fysik, Gotab, Stockholm 1989

miljön kring Manne Siegbahn. Det finns skäl för detta. Kring Manne Siegbahn fanns samlade förutom Sten von Friesen bl a även Hannes Alfvén och den 21-årige Kai Siegbahn förutom många andra forskare. Alla tre har haft stor betydelse för MAX-labs tillkomst. Om man funderar över miljön kring Manne Siegbahn bör man också tänka på betydelsen av att Manne Siegbahn fick 1924 års nobelpris i fysik och kanske också över vilken roll C W Oseen, lundensare fram till 1909 och sedan professor i mekanik och matematisk fysik i Uppsala, spelade i detta sammanhang. Möjligheterna för Manne Siegbahn att kunna skapa AFI förutsatte att han var nobelpristagare. Viktig är hans framgångsrika period i Lund under åren 1906-1923 som amanuens, assistent, docent och professor. Det var här han utvecklade sina röntgenspektroskopiska experiment som ledde fram till nobelpriset. Tidigt fick han tillfälle, genom resor till Tyskland och Frankrike, att på nära håll följa kunskapsutvecklingen om röntgenstrålarnas natur. Särskilt värdefullt för honom var studierna i München hos Arnold Sommerfeld.

Den bohrska atommodellen och H Moseleys upptäckter 1913 av K-serien och L-serien i den karaktäristiska röntgenstrålningen kom snabbt i centrum för intresset vid många laboratorier i Europa och USA och även i Lund.^{179, 180} Det var ingen lätt uppgift att hävda sig i denna konkurrens med de små resurser som lundainstitutionen hade. Redan från begynnelsen lyckades dock Siegbahn att uppnå utomordentliga resultat och vid 1:a världskrigets slut intog Lund en ledande ställning inom röntgenspektroskopi.

Intressant är att några av Manne Siegbahns forskarstuderande utvecklade teorin över bandspektra från molekyler (Torsten Heurlinger och Erik Hultén) och absorptionskantens känslighet för kemiska bindningar (J Bergengren och Axel Lindh), vilket är basen för många experiment vid MAX. Det är ingen tvekan om att Manne Siegbahn ägde en sällsynt förmåga att stimulera sina studenter till god forskning. Även Bengt Edlén var elev till Manne Siegbahn. Han blev världsberömd 1941 för sin tolkning av vissa spektrallinjer i solens korona, och efterträdde 1944 John Koch som fysikprofessor i Lund. Under Edléns tid som professor stod atomspektroskopi i Lund åter på topp internationellt sett och bidrog naturligtvis till möjligheten av en satsning inom detta område.

¹⁷⁹ När den unge Moseley, second lieutenant Royal Engineers, 1915 stupade av en turkisk kula vid Dardanellerna hade han hunnit systematiskt undersöka K-serien för elementen Ca-Zn och L-serien för elementen Zr-Au. Utan tvekan hade Moseley, om han fått leva, fått nobelpriset i fysik eller kemi för sina upptäckter. För övrigt var han nominerad 1915. Troligen hade i så fall inte Manne Siegbahn blivit nobelpristagare och svensk forskning skulle ha fått en annan struktur.

¹⁸⁰ I Bergström 1924 års nobelpris i fysik, Fysik i Frescati 1937-1987, Manne Siegbahninstituter för fysik, Gotab, Stockholm 1989.

Man skulle också kunna gå ännu längre tillbaka till Janne Rydberg som var amanuens, assistent, docent och professor vid Fysikum under åren 1876–1915. Janne Rydbergs epokgörande teoretiska studier inom spektralanalys har ju alltsedan dess gett Fysikum i Lund ett internationellt erkänt namn inom atomfysiken.¹⁸¹

Det är av intresse även om det är ett kuriosum att år 1894 (nio år efter 1885, då fysiska institutionen flyttade in i nya lokaler på hörnet Biskopsgatan–Sölvegatan) begärde dåvarande professor K A V Holmgren hos konsistoriet att få bygga en kupolbyggnad. I denna skulle en refraktor och ett astrospektroskop med stor upplösningsförmåga placeras. Utrustningen hade skänkts av en tidigare elev lektor A E Andersson. Gåvan till vilken också hörde en vridbar kupol var avsedd för undersökning av stjärnspektra. Begäran avslogs av konsistoriet.

För att hysa den omtalade gåvan byggdes 1897 i stället en särskild liten paviljong, som ännu finns kvar, i trädgårdens sydöstra hörn, i vilken refraktor och spektroskop placerades. Huset kallas Donavit efter en inskription A E A donavit (har gett) som ej längre finns kvar. Denna byggnad skulle också kunna



Fig 74 Donavit, den första fysikbyggnaden i Lund för enbart spektroskopiska mätningar. Foto: Anders Soider..

¹⁸¹ J Rydbergs berömda serieformel för atomspektra angavs första gången i Fysiska Föreningens protokoll från sammanträdet 1888-11-05.

anges som roten till MAX-lab eftersom det är den första byggnad som uppförts i Lund för enbart spektroskopiska mätningar.¹⁸²

Namnet MAX-lab har också sin historia. När MAX-projektet var finansierat gällde det att finna ett namn på det nya laboratoriet. En pristävling utlystes och det vinnande förslaget: MAX-lab, hade lämnats in av Jan-Olof Adler. Priset var en flaska punsch. Att projektet tidigare fått namnet MAX-projektet berodde på att vi tyckte att race-track mikrotronen var en mycket spännande elektronaccelerator

¹⁸² Med den definition vi givit för etableringen av en institution eller forskningsavdelning skulle vi också kunna söka efter när det för första gången fanns en fysikalisk institution i Lund. Redan då Lunds universitet bildades 1668 fanns det två professurer i matematik och en i fysik. Den ena professuren i matematik innefattade även astronomi och optik medan den andra innefattade bl a mekanik och värmelära. Först 1728 skapades en professur i experimentell fysik med Kilian Stobaeus som förste innehavare.

Den moderna newtonska fysiken erövrade mycket långsamt den vetenskapliga världen utanför England och det var en mycket begränsad experimentsamling som stod till förfogande för professorn. Redan 1732 lämnade Stobaeus fysikprofessuren för en bättre avlönad professur i historia. Vid tillsättningen av den lediga professuren i experimentell fysik och en samtidigt i matematik kom den triewaldska samlingen av fysikapparater att spela en viktig roll. Mårten Triewald, en ung tekniker från Stockholm, åkte till England 1716 för merkantila studier. Han övergav dock dessa och kom i beröring med naturvetenskapsmän och ingenjörer. Enligt egen uppgift kom han in i kretsen kring Isaac Newton och kallade sig Newtons elev. När hans ekonomiska villkor förbättrades köpte han en mängd fysikaliska apparater av engelsk och holländsk tillverkning som han tog med sig till Sverige när han 1726 återvände hem. Samlingen blev snart berömd på grund av Triewalds demonstrationer och föreläsningar på Riddarhuset. Till sin hjälp vid demonstrationerna hade han Daniel Menlös.

Daniel Menlös sökte båda de lediga professurerna i fysik och matematik i Lund men var dåligt meriterad för tjänsterna. Han kom då med ett för Lunds universitet intressant erbjudande. Genom en överenskommelse med Triewald erbjöd han universitetet kostnadsfritt den triewaldska samlingen som ett lockbete om han erhöll professuren i matematik. Regelstridigt antog universitetet anbudet och Menlös utnämndes 1732 till professor i matematik. Den berömda och moderna samlingen fick stor betydelse för undervisningen i fysik men skapade också mycket stridigheter vid universitetet. (Om turerna och stridigheterna kring den triewaldska samlingen ger A Leide en utförlig skildring i sin bok *Fysiska institutionen vid Lunds universitet* 1968 Gleerups.) Samlingen krävde skötsel och 1735 inrättades en tjänst som custos machinarum med uppgift att sköta samlingen. Nu fanns det en professor och en assistent men fortfarande ingen tekniker. Problemen med underhållet av samlingen växte och 1760 anställdes en italiensk medborgare Baltzar Stecci som akademisk hantverkare med glasblåsning som specialitet. (Ett oväntat resultat vid detta mitt sökande efter MAX-labs rötter var att Baltzar Stecci visade sig vara min morfars mormors farfar. Baltzar Steccis son Joseph Stäck blev handelsman och bosatte sig i det medeltida hus som går under namnet Stäket. Hans dotter Anna Katarina (Trine) gifte sig med bokhandlare C W K Gleerup och fick med honom 16 barn. En av dessa (Pauline) gifte sig med handelsman Lars Magnus Westrup. De hade handelsgård vid Stortorget men lät också uppföra ett sommarhus på norr. Sommarhusets jordkällare och själva parken till huset finns kvar och är den park som ligger i anslutning till A-huset, LTH.) Enligt vår definition fanns det nu en fysikinstitution. Den längsta roten bakåt i tiden sträcker sig således bort till året 1760.

och att beteckningen X-rays just är den strålning som uppkommer då högenergetiska elektroner bromsas upp. Vi tyckte också att själva namnet Max var tilltalande eftersom det gav associationer till Max Planck och till J C Maxwell.¹⁸³

Varför blev det ljus?

MAX-lab upplevs som en frisk fläkt inom svensk naturvetenskaplig forskning. Som en nykomling bland de mera etablerade nationella forskningsanläggningarna och obunden av traditioner har laboratoriet en respektlös stil och en tvärvetenskaplig profil som knappast finns hos de tre andra som är mycket mera specialiserade. Naturligtvis är det detta som möjliggjort att MAX-lab kunnat skapas och dragit till sig forskningspengar. Ofta kan framgångarna för ett projekt hänföras till en eller ett par personers vilja och kreativitet. Så är kanske också fallet med MAX-lab, men ändå är det svårt att peka ut vilka personer som haft den störst avgörande betydelse för laboratoriets tillkomst. I varje fall måste ödesgudinnan Fortunas namn nämnas.

Acceleratorgruppen vid MAX-lab med Mikael Eriksson i spetsen har haft den rätta respektlösheten och självsäkerheten för att våga visa att det går att bygga världsledande acceleratorer även vid ett litet laboratorium i ett litet land. Men detta visade också acceleratorgruppen vid KTH med Olle Wernholm. En accelerator behöver också användare. Vi har sett hur den starka inhemska forskningen under 50- och 60-talet inom kärn- och partikelfysik fick allt svårare att dra till sig ekonomiska resurser. Orsaken var de stora utgifterna till CERN och dess vidareutveckling men svårigheterna berodde också på att nya forskningsområden inom exempelvis materialfysik växte upp och att gamla forskningsområden inom kemi och biologi, som krävde allt dyrbarare utrustning, ogärna såg att alltför stora medel satsades på högenergifysik. Dessutom växte det under 70-talet upp en allmän opinion mot kärnfysik i nära koppling till kärnenergin.

Det nyväckta intresset för synkrotronljus och möjligheten att utnyttja denna strålning inom en rad olika discipliner blev den tändande gnistan. Några men långt ifrån alla svenska forskare såg här utvecklingsmöjligheter. En av dessa var Per-Olof Nilsson och en annan Anders Flodström. Dessutom fanns det en aktiv grupp forskare som etablerade sig och utnyttjade synkrotronljus vid de internationella forskningsanläggningarna. Särskilt bör nämnas ESCA-gruppen i Uppsala som flyttade en del av sin verksamhet till ljuskällan i Bonn.

¹⁸³Det kan dock hända att det spelade någon roll att det en gång fanns en 4-årig pojke som på sin födelsedag fick en tygtax, som av lättförklariga skäl fick namnet Max och som var älskad över allt annat.

Först med tanken att bygga en svensk 2:a generationens synkrotronljuskälla var Per-Olof Nilsson. Anders Flodström ägde även han en framsyn, samtidigt som han hade entreprenöranda och forskningspolitisk förmåga. Kombinationen Eriksson-Flodström-Nilsson var lyckosam.

Inför den nordiska konferensen om synkrotronstrålning som ordnades 1975 i Göteborg varnade Kai Siegbahn mer eller mindre öppet för en svensk anläggning. Enligt hans uppfattning gick det utmärkt att utnyttja utländska anläggningar och dessutom underskattade man normalt kraftigt driftkostnaderna vid en acceleratoranläggning.

Omvittnat är att NFR tog starkt intryck av den positiva inställningen som LUs ledning visade upp. Universitetsrektorerna Nils Stjernquist, Håkan Westling och Boel Flodgren har alla mycket starkt bidragit till MAX-labs tillkomst och uppväxt. Det starka stödet från RÄ bottnade i hög grad i Kai Siegbahns rekommendationsbrev från januari 1981. Kai Siegbahn hade ändrat uppfattning. Utvecklingen inom synkrotronljusforskningen var under dessa år mycket dynamisk och det var lätt att inse betydelsen av en svensk källa. Med tanke på striden mellan Sten von Friesen och Kai Siegbahn under 50-talet angående LUSY upplevde man från lundahåll Siegbahns rekommendationsbrev som generöst samtidigt som man hyste stor respekt för hans forskarförmåga.

Samtidigt visade acceleratorgruppen vid MAX att kostnaderna kunde hållas nere eftersom man inte behövde starta från noll utan kunde ta till vara erfarenheter och utrustning som redan fanns på plats. Att så var fallet var till stor del LTHs förtjänst. När AFR 1972 beslöt att lägga ner LUSY höll den acceleratortekniska gruppen på att skingras. Genom ett rådigt ingripande från LTH kunde man hålla kvar nyckelpersonerna inom gruppen. Denna lojalitet och vidsynthet fick stor betydelse. Det är ytterst lätt att radera en befintlig kompetens men det är mycket svårt att bygga upp den.

Det var mycket tursamt att norra apparathallen i M-huset kunde disponeras för MAX. Projektet låg helt rätt i tiden och det väckte stor respekt hos statliga myndigheter och privata stiftelser att LU snabbt och effektivt gav detta stöd till MAX. Allt sedan dess har LU betraktat MAX-lab som en hjärtesak. Man är stolt över laboratoriet. Helt nyligen har universitetet kraftfullt gått in och ekonomiskt stött ombyggnaden av laboratoriet inför det nya injektorsystemet och MAX III-ringen.

MAX I-laboratoriet var under 80-talet fortfarande ett litet laboratorium i jämförelse med AFI, GWI och OSO. Djärvheten att lyfta upp laboratoriet till en 3:e generationens ljuskälla fanns hos Eriksson-Flodström. Väl att märka skedde detta innan MAX I stod klar och ännu inte visat upp några resultat. Kostnaderna för MAX II-projektet var höga. Liknande belopp hade kullkastat andra projekt. Men det räcker inte med djärvhet. Det krävs också framsynta

beslutsfattare på hög nivå och inte minst viktigt ekonomiska resurser. Carl Nordlings allt starkare ställning inom NFR under sent 80-tal och tidigt 90-tal var avgörande. Carl Nordling hade ett genuint intresse för synkrotronljus och såg gärna en kombination av europeiska ESRF för hård röntgenstrålning och svenska MAX II för mjuk. En aktiv och saklig diskussion mellan forskningsråd och politiker ledde till att FRN-ramen för dyrbar utrustning fördubblades under de första åren på 90-talet och bibehölls på denna nivå under en treårsperiod. Det fanns plötsligt utrymme ekonomiskt att genomföra ett stort nationellt tvärvetenskapligt projekt. Ett vidsynt FINDU inom FRN såg positivt på MAX, men det var en tillfällighet att förslaget om MAX II just kom i rätt tid.

Betydelsefullt var inrättandet av en professur i synkrotronljusfysik vid LU med den inom synkrotronljusforskning erfarne Ingolf Lindau som förste företädare och att han övertog föreståndarskapet vid MAX-lab. Även jag själv har naturligtvis haft betydelse för MAX-labs tillkomst och uppväxt. I detta sammanhang vill jag lyfta fram en person som betydde mycket för fysikens utveckling i Lund under 50- och 60-talet, nämligen Lennart Minnhagen.¹⁸⁴ Från 1949–1964 var han laborator i fysik och föreståndare för övningslaboratoriet. Där fick han direktkontakt med årskull efter årskull av nya studenter. Varje år plockade han med säker hand ut någon eller några av dessa och erbjöd dem en amanuens tjänst vid laboratoriet. Det var en stor glädje och heder att bli utvald. Det var dessa amanuenser som fick forskningen att blomstra inom några av fysikens forskningsfält

Kärnfotogrupperns betydelse för MAX-lab som synkrotronljuslaboratorium är större än vad man kanske i första ögonblicket tror. Det var kärnfotogruppen som tillsammans med acceleratorgruppen drev utvecklingen under 70-talet. Lojalt gick den in i synkrotronljusfasen och många engagerade sig direkt i uppbyggnaden. Andra inom kärnfotogruppen byggde upp en forskning med starka internationella förtecken som tidigt visade på laboratoriets möjligheter att dra till sig forskare utifrån. Trots detta har denna verksamhet nästan alltid sedan 1979 hängt på en skör gren. Det är farligt att upprätta gränser mellan olika områden av fysiken. Om besparingar skall göras är det lätt för utvärderare att skära bort en sådan gren av rationella men också av skenbart logiska skäl. Om kärnfotoverksamheten hade betraktats som ett något udda men normalt strålrör, vilket MAX-labs styrelse alltid gjort, hade gränsdragningar av denna art kunnat undvikas. Det är därför glädjande att NFR i mars 2000 i den tidigare nämnda överenskommelsen med MAX-lab nu tagit klar ställning för kärnfotoverksamheten.

¹⁸⁴ Lennart Minnhagen f 1913 påbörjade sina fysikstudier under läsåret 32/33 och blev sedan Fysikum trogen under hela sin aktiva tid. 1964 blev han professor i atomfysik vid LTH.

Det finns en skillnad mellan kärnfysikers och synkrotronljusforskares sätt att välja och lösa forskningsproblem. Kanske beror det på att kärnfysikerna har en betydligt längre tradition av att arbeta vid stora anläggningar. Kanske beror det på att synkrotronljusgrupperna är många men med få medlemmar. Hur som helst är det mycket vanligare att flera kärnfysikgrupper samarbetar för att gemensamt attackera en problemställning, medan ofta varje synkrotronljusgrupp har sitt eget forskningsprogram. Forskningsfältet inom synkrotronljusforskning är mycket bredare. Det är möjligt att ledningen för MAX-lab skall tydliggöra laboratoriets forskningsprofil och i viss mån, men långt ifrån alltid, koncentrera resurserna mot några övergripande problemställningar.

När man nu år 2000 tittar tillbaka blir man inte förvånad om man finner en småleende Kai Siegbahn. Han slapp under 50- och 60-talet att bekymra sig för uppbyggnaden av en stor elektronaccelerator, och kunde istället utveckla den framgångrika tekniken med ESCA, som ledde till att han erhöll nobelpriiset i fysik 1981. Han ägde liksom sin far en eminent förmåga att samla kring sig skickliga forskarbegåvningar. I dag leds MAX-lab av Nils Mårtensson, en av Kai Siegbahn elever. Två andra elever är Joseph Nordgren, professor i mjukröntgenfysik UU, som är ordförande för MAX-labs vetenskapligt rådgivande kommitté, och Svante Svensson, professor i ytfysik UU, som är ordförande i användarkommittén för synkrotronljus. Ralf Nyholm, professor i synkrotronljusinstrumentering och koordinator för synkrotronljusfysik har också sin forskarbakgrund hos Siegbahn.

Den mångvetenskapliga profilen förstärks allt mer och det är för MAX-labs framtid av stor betydelse att röntgenforskare inom biologi, kemi och industri dras till laboratoriet. En ökad internationell tillströmning av VUV-forskare kan förutses eftersom flera anläggningar inom detta område håller på att läggas ner. MAX III-ringen kommer att behövas för att avlasta detta behov.

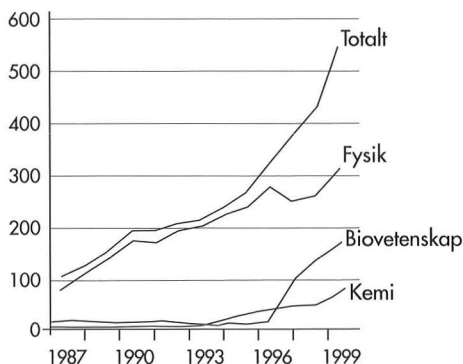


Diagram 8 MAX-lab är ett multivetenskapligt forskningslaboratorium. Biologernas och kemisternas intresse för laboratoriet har ökat markant efter det MAX II-ringen tagits i bruk.

Det är det dagliga slitet som leder till framgång. Om det inte finns en lojal och skicklig T/A grupp som ser till laboratoriets framtid och bortser från små irritationsmoment, är framgångarna svåra att uppnå. Det är allmänt omvittnat att det är den positiva andan bland alla anställda vid MAX-lab som givit projektet framgång. "Man blir glad när man kommer till laboratoriet" sade en gång Bertil Törnell, när han var rektor vid LTH. Den känslan är riktigt och detta är en av de starkaste faktorerna till att det blev ljus.

Anmärkningsvärt för MAX-lab är att det är svenska forskare från alla de större lärosätena som drivit fram utvecklingen. Först var det materialfysiker och ytfysiker, sedan breddades förespråkargruppen till atom- och molekylfysiker och nu har i allt större omfattning biologer och kemister anslutit sig till MAX-lab. Det har funnits och finns en vilja och lojalitet inom forskarvärlden att använda och utveckla MAX-lab som är ovanlig.

Denna kraft är den grundläggande faktorn till att MAX-lab är en framgångsrik nationell forskningsanläggning medelst synkrotronljus och energirika elektroner.

Några slutsatser

Om man skall dra slutsatser av denna skildring om MAX-labs utveckling kan man konstatera att det är synnerligen viktigt att forskningspolitiker finner den rätta balansen mellan satsningar på internationella forskningslaboratorier, nationella forskningsanläggningar och enskilda högskoleprojekt. Denna balans är nödvändig men svår att finna. Beroende på projektens storlek skiljer sig beslutsprocesserna åt, de ekonomiska villkoren varierar och projektens betydelse för landet tekniskt, naturvetenskapligt och kulturellt är olika. Alla tre verksamhetstyperna behövs. Därför måste det finnas ekonomiska resurser till att de alla kan utvecklas på ett sunt vis.

En annan slutsats är att även forskarsamhället måste ha denna insikt om mångfald och kunna inom sig enas om utvecklingsprogram. Goda idéer skall nog prövas och man skall inte vara rädd för att satsa på nya vägar och på unga forskare.

Förändringar inom det forskningspolitiska programmet måste alltid ske men förändringarna bör ske varsamt. Det är alltid lätt att rasera en samlad kompetens men det är mycket svårare att bygga upp den.

Det är svårt att jämföra utvecklingen av de fyra nationella forskningsanläggningarna. Även om det finns likheter i utvecklingarna finns det också mycket som skiljer dem åt. De lokala förutsättningarna, tillfälligheternas spel och beslutsfattarnas uppfattningar växlar än till fördel och än till nackdel. Den nationella ekonomiska verkligheten kan snabbt förändras. Det gäller för pro-

jekten att ligga i fas med denna. Man observerar att de privata stiftelserna skapar stabilitet i utvecklingen. Man märker också att det inte behöver vara till nackdel om en anläggning lägger om sin forskningskurs helt. Då bryter man den historiska traditionen och tillför anläggningen nya idéer. Detta har skett på Manne Siegbahn-institutet i Stockholm och också vid elektronacceleratorverksamheten i Lund.

Bilagor

Bilaga 1

Lista över förkortningar

BB-byrån	LUs byggnadsberedning
BESSY	Berliner Elektronenspeicherung-Gesellschaft für Synchrotron-
strahlung	BFRByggforskningsrådet
BMC UU	Biomedicinskt centrum Uppsala universitet
CEBM	Conférence Européenne pour la Biologie Moléculaire
CELSIUS	Cooling with electrons and storing of ions from the Uppsala synchrotron
CERN	European organization for nuclear research
CHIC	Celsius Heavy Ion Collaboration
CTH	Chalmers tekniska högskola
DESY	Deutsches Elektronen Synchrotron
EISCAT	European Incoherent Scatter Facility
EMBL	European Molecular Biology Laboratory
ESCA	Electron spectroscopy for chemical analysis
ESF	European Science Foundation
ESO	European Southern Observatory
ESRF	European Synchrotron Radiation Facility
eV	Elektronvolt $\text{keV} = 10^3 \text{ eV}$, $\text{MeV} = 10^6 \text{ eV}$, $\text{GeV} = 10^9 \text{ eV}$
EXAFS	Extended X-ray Absorption Fine Structure
FINDU	Finansiering av dyrbar utrustning, FRN
FRN	Forskningsrådsnämnden
FRU	Forskningsrådsutredningen
GU	Göteborgs universitet
GWI	Gustav Werners institut, UU
HFR	Humanistiska forskningsrådet

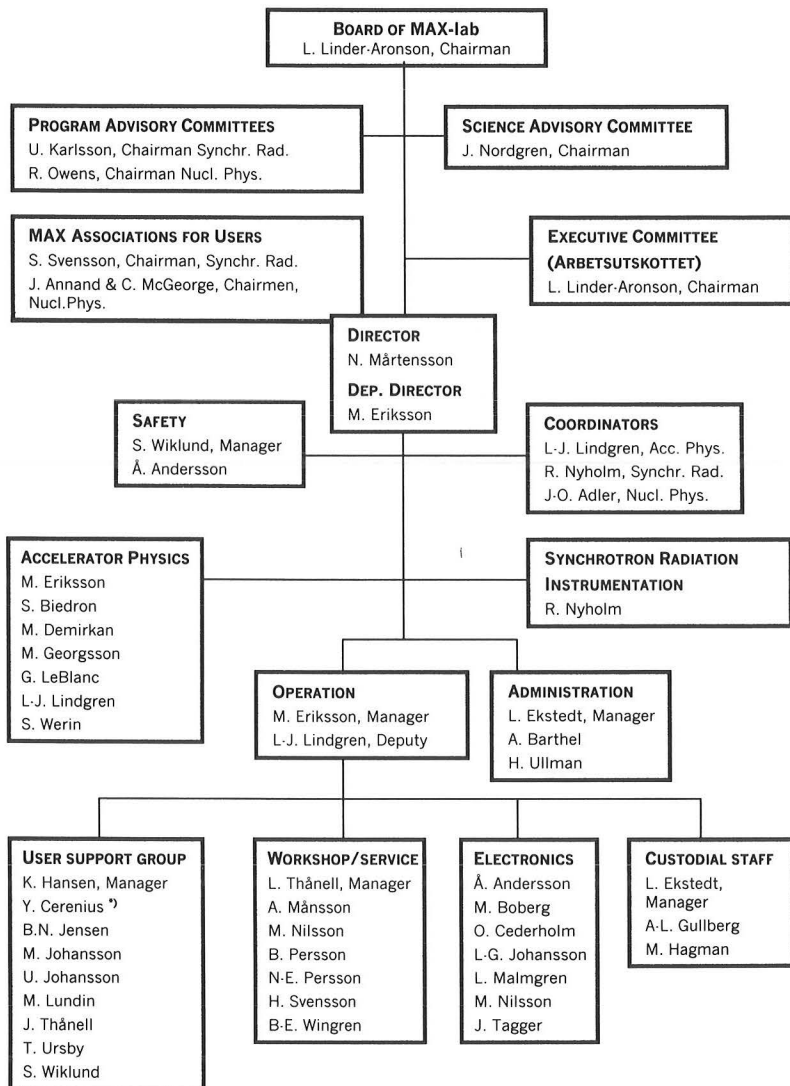
Hz	Frekvens = antalet perioder / sek
ICE	Initial Cooling Experiment
IR	Infrarött
ISV	Institutionen för strålningsvetenskap, UU
JET	Joint European Torus
K&AW	Knut och Alice Wallenbergs stiftelse
KBS	Kungliga byggnadsstyrelsen
KFB	Kommunikationsforskningsberedningen
KI	Karolinska institutet, Stockholm
KONFA	Kommittén för nationella forskningsanläggning
KTH	Kungl. Tekniska högskolan
LiTH/LiU	Linköpings tekniska högskola / Li universitet
LINAC	Lineär accelerator
LTH	Lunds tekniska högskola
LU	Lunds universitet
LUM	Lunds universitets meddelanden
LUSY	Lund University Synchrotron
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MNF	Matematisk-naturvetenskaplig fakultet, LU
MSI	Manne Siegbahn-institutet, SU
NFL	Neutronforskningslaboratoriet i Studsvik
NFR	Naturvetenskapliga forskningsrådet
NOAC	Nordisk acceleratorkommitté
NORD-SYNCH	Nordiskt konsortium för deltagande i ESRF
NORDAC	Nordiskt acceleratorcentrum
NOT	Nordiskt optiskt teleskop
NSC	Nationellt superdatorcentrum
NUTEK	Närings- och teknikutvecklingsverket
ODIN	Svenskt forskningssatellitprojekt i samarbete med Finland, Frankrike och Kanada
OSO	Onsala rymdobservatorium. CTH
PIXE	Particle Induced X-ray Emission
PUB	Programutskottet för biologi, NFR
PUF	Programutskottet för fysik, NFR
PUK	Programutskottet för kemi, NFR
QED	Quantum electrodynamics
RALF	Rådet för arbetslivsforskning
RF	Radiofrekvens
RJ	Riksbankens Jubileumsfond
RÄ	Rektorsämbetet, LU

SEST	Swedish-ESO Submillimetre Telescope
SFR	Socialvetenskapliga forskningsrådet
SJFR	Skogs- och jordbrukets forskningsråd
SSF	Stiftelsen för strategisk forskning
SSRL	Stanford synchrotron research laboratorium
STINT	Stiftelsen för internationalisering
STU	Styrelsen för teknisk utveckling
SU	Stockholms universitet
TFR	Teknikvetenskapliga forskningsrådet
TLU	Tandemacceleratorlaboratoriet, UU
TMR	Training and mobility of researchers
TSL	The Svedberg-laboratoriet, UU
UHÄ	Universitets- och högskoleämbetet
UKÄ	Universitetskanslersämbetet
UU	Uppsala universitet
UUH	Utrustningsnämnden för universitet och högskolor
UV	Ultraviolet
WASA	Wide Angle Shower Apparatus
VLT	Very Large Telescope
VUV	Vakuum Ultraviolet
XPS	X-ray Photoelectron Spectroscopy
Å	Ångström $1\text{Å} = 10^{-10}\text{ m}$

Bilaga 2

MAX-lab ORGANIZATION

JULY 2000



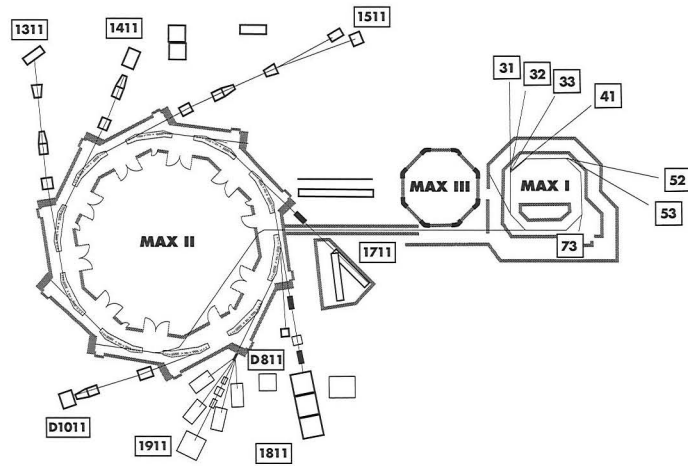
*) employed at the Center for Chemistry and Chemical Engineering, LU.

Bilaga 3 Beamlines at MAX I, II and III

BEAMLINES AT MAX I				
Beam port	Source type	Beamline/ monochromator	Energy or wavelength range	Experimental techniques
31	Undulator: $K_{\max}=1.8$, $\lambda_u=75\text{mm}$	PGM with Kirkpatrick-Baez objective and ellipsoidal focusing mirror.	15 - 150 eV	Scanning photoelectron microscopy.
32	Bending magnet 20 mrad	0.5m Czerny-Turner, CaF_2 exit window.	2400-200nm	Time-resolved fluorescence.
33	Bending magnet 12 mrad	5.5-5.8m-SGM, 162° .	15 - 200 eV	Angular resolved photoemission.
41	Bending magnet 18 mrad	4.7m-TGM, 162° .	15 - 200 eV	Angular resolved photoemission.
52	Bending magnet 20 mrad	1m NIM.	5 - 30 eV	Atomic and molecular spectroscopy, Angular resolved photoemission, Luminescence.
53	Bending magnet 25 mrad	Ellipsoidal mirror, 3:1. VLSG monochromator.	200 - 1000 eV	Soft X-ray fluorescence spectroscopy.
73	Bending magnet $60 \times 100 \text{ mrad}^2$	Two ellipsoidal mirrors, 1:1.	$1000 - 10 \text{ cm}^{-1}$	Infrared spectroscopy using a high resolution FTIR spectrometer.

BEAMLINES AT MAX II					
Beam port	Source type	Operational status	Beamline/ monochromator	Energy or wavelength range	Experimental techniques.
I311	Undulator $K_{\max}=4.50, \lambda_u=66$ mm	Operative	PGM (modified SX-700, with spherical focusing mirror).	30 - ~1500 eV	High resolution XPS. X-ray absorption spectroscopy. Spectromicroscopy planned.
I411	Undulator $K_{\max}=3.5, \lambda_u=58.8$ mm	Operative	PGM (modified SX-700 from BL 51 at MAX I).	50 - ~1500 eV	High resolution XPS. X-ray absorption spectroscopy. Coincidence spectroscopy.
I511	Undulator $K_{\max}=2.69, \lambda_u=52$ mm	Operative	PGM (modified SX-700, with spherical focusing mirror).	100 - ~1500 eV	High resolution XPS. X-ray absorption spectroscopy. X-ray emission spectroscopy.
I711	Multi-pole wiggler $K_{\max}=29.3, \lambda_u=174$ mm	Operative	Be-window, Bent Si(111) crystal.	0.8 - 1.6 Å	Crystallography. Powder diffraction.
I811	Super conducting multi-pole wiggler	Under construction	Double-crystal monochromator.	2 - 10 keV	EXAFS. Surface X-ray diffraction. X-ray spectroscopies.
D811	Bending magnet	Operative	Be-windows, filters.	1 - 2 keV 3 - 9 keV	Nano-lithography. Deep X-ray lithography for micromachining.
D1011	Bending magnet	Under construction	PGM (modified SX-700 from BL 22 at MAX I). Off-plane radiation for circular polarized radiation.	20 - ~1500 eV	Circular dichroism. High resolution XPS. X-ray absorption spectroscopy.

BEAMLINES AT MAX III					
Beam port	Source type	Operational status	Beamline/ monochromator	Energy or wavelength range	Experimental techniques.
TBD	Undulator	Under design	High resolution NIM.	5 - 40 eV	High resolution (meV) atomic and molecular spectroscopy, angular resolved photoemission on solids and luminescence.



Bilaga 4 Pågående och nyss avslutade projekt över kärnfotoreaktioner vid MAX-lab samt deltagande forskarstuderande.

Projekt	Deltagande studenter	Projekt	Deltagande studenter
(γ, p) från Li, C, Al, Ca.	Dahn Nilsson (Lund)# Luc Van Hoorebeke (Gent)#	(γ, pn) från Li, Be, C, O, Si	Gernot Mauser (Tübingen)# Andre Mondry (Tübingen)#
från B	Laurens de Bever (Amsterdam)#	från O	Lennart Isaksson (Lund)#
från N, Al, V	David Ireland (Edinburgh)#	Comptonspridning från C, O	Michael Ludwig (Göttingen)# Dirk Häger (Göttingen)#
från Ca	Caroline Van den Abeele (Gent)#	från He, O, Pb	Kai Fuhrberg (Göttingen)#
från C	Hendrik Ruijter (Lund)#	från He	Thorsten Giebe (Göttingen)#
från C, N, Al, Bi	Aamer Rauf (Edinburgh)#	från D	Magnus Lundin (Lund)
från Pb	Irene Bobeldijk (Amsterdam)#	från Ca	Christoph Pösch (Göttingen)#
(γ, n) från C, O	Bengt-Erik Andersson (Lund)#	från He, O	Stephan Proff (Göttingen)
från He	Björn Nilsson (Lund)	($\gamma, p\gamma$) i C	Alexander Kuzin (Melbourne)#
från Ca	David Sims (Melbourne)#	i O	Per Lilja (Lund)
Li, O	Iskender Akkurt (Glasgow)	i C, O, N	Steven Morrow (Edinburgh)
Fotoemission av koincidenta laddade partiklar i Li och ^7Li	Johny Dias (Gent)# Mark Boland (Melbourne)	Totalt fotoabsorptionstvär- snitt i He-isotoper	Martin Karlsson (Lund) Finlay MacKay (Glasgow)

doktorsavhandlingen är klar.

Personregister

A

Adler, Jan-Olof 234 246	58 105 132 134 233	Barthel, Ann	127 206
Ahlman, Hans	107 112	Becquerel, A Henri	28
Ahlstrand, Jan Torsten	209	Bengtsson, Hans-Uno	35 220
Akselsson, Roland	60	Bergengren, J	54 244
Alfvén, Hannes 244	36 37 39 137 243	Berggren, Karl-Fredrik	101
Alfvén, Hugo	136	Bergkvist, K E	63
Alm, Anders	58	Bergqvist, Ingvar	60
Alvarez, Luis	32 45	Bergström, Ingmar	87 153 154 244
Alvinsson, Rune	75 77 79 80 105 122	Berry, Gordon	189
Amaldi, U	88	Billgren, Ola	136 207
Andersen, Jesper	218 230	Björklund, Håkan	220
Anderson, Carl	31 32	Björneholm, Olle	238
Andersson, A E	245	Bjørnholm, Sven	118
Andersson, Gert	58 76 81	Blewett, John Paul	38
Andersson, Johnny	153 154	Blomqvist, Ingvar	58 134
Andersson, Åke	120 127 213 214 236	Boberg, Magnus	223
Andrén, Carl-Gustaf	107	Bogdanov, A	145
Annand, J R M	233	Bohr, Aage	57
Arago, D F	27	Bohr, Niels	22 29
Areskough, Mats	58	Booth, Roy	193
Astbury, A	88	Borglin, Stig	109
		Born, Max	31
		Bose, Satyendra	30
		Boyle, Robert	26
		Bradshaw, Alexander	187
B			
Barkla, C G	29		

Breguet, L 27
 Bremer, Kåre 195 222
 Brinck, Inge 109
 Broberg, Gunnar 5
 Broglie, Louis de 30
 Broomé, Elna-Greta 105
 Bunsen, Robert 26
 Bülow, Bo 58

C

Cabibbo, Nicola 187
 Cardman, Larry 189
 Carlson, J 153
 Cederholm, Olle 105 117 125
 Cederlund, Jan 243
 Cerenius, Yngve 227
 Chadwick, James 31
 Cheng, H 41 42
 Compton, Arthur 30
 Courant, Ernest 51
 Cowan, Clyde 33
 Crafoord, Holger 40 103
 Crawford, Elisabeth 140
 Curie, Marie 63
 Curie, Pierre 63

D

Dahl, Sonja 199
 Dahlberg, Alf 5
 Dalgarno, Alexander 187 189
 Dardel, Guy von 41 60 127 144
 Davisson, C J 31
 Dillner-Thorsson, M 174
 Dirac, Paul 31 32
 Dougan, Peter 58 59
 Drottning, Silvia 123

E

Eastman, D E 37
 Ebersson, Lennart 87 108 109 115 187
 Eberstein, Susanne 197
 Edlefsen, N E 45
 Edlén, Bengt 39 244
 Edqvist, Olle 140 189 197 199
 Einstein, Albert 28 30
 Ekberg, Gustav 105 121
 Ekstedt (Persson), Lillemor 5 127 128 175
 Elder, F R 38
 Elzinga, Aant 140
 Engquist, Lena 5
 Ericson, Torleif 79 88
 Eriksson, Christina 105
 Eriksson, Leif 5
 Eriksson, Mikael 18 19 58 79 80 101
 103 104 105 116 117 118 119 120 122 130
 133 135 158 160 162 166 175 212 213 247
 248
 Erlander, Tage 68
 Ewan, G 88

F

Fagerström, Torbjörn 197
 Feldt, Kjell-Olof 181
 Fenstad, Jens 189
 Fermat, Pierre de 26
 Fermi, Enrico 32
 Feynman, Richard 32
 Fields P R 63
 Fizeau, Hippolyte 27
 Flodgren, Boel 210 219 220 248
 Flodström, Anders 18 100 112 122 129
 130 145 158 160 161 167 180 216 247 248
 Forkman, Barbro 5 105
 Forkman, Elisabeth 5

Forkman, Kajsa 5
 Forkman, Peter 5
 Foucault, Léon 27
 Foug, Carl 108 112 115
 Fraunhofer, Joseph von 26
 Freivald, Laila 199
 Fresnel, Augustin Jean 26 27
 Friberg, Bengt 58
 Friborg, Göran 145
 Friedman, Robert Marc 140
 Friedrich, Walter 29
 Friesen, Sten von 39 40 59 62 103 104
 105 138 165 243 244 248
 Frisch, Otto 32
 Fritzscht, Harald 35
 Frängsmyr, Tore 140
 Funke, Gösta 69 70 87 147 200

G

Gadd, Arne 146
 Geiger, Wilhelm 29
 Gelius, Ulrik 101
 Gell-Mann, Murray 33 35
 Germer, Lester 31
 Gidefeldt, Lars 87 160
 Glashow, Sheldon 34
 Gleerup, Christian
 Wilhelm, Kyhl 246
 Gleerup-Westrup,
 Pauline 246
 Glehn, Marianne von 87
 Gorton, Gunnar 39
 Goscinski, Osvaldo 161
 Goudsmit, Samuel 31
 Greenberg, Oscar 34
 Gullberg, Anna-Lisa 206
 Gurewitsch, A M 38

Gustafson, Gösta 29 35
 Gustafson, Lena 35
 Gustafson, Torsten 68
 Gustafsson, Hans-Åke 58 105
 Gustavsson, John E 87
 Göransson, Bengt 176

 H
 Hadenius, Axel 69
 Hagman, Monica 206
 Haglund, Ann-Cathrine 219
 Hagström, Stig 101 199
 Hagwall, Kerstin 5 180 181
 Hahn, Otto 32
 Hammar, Stig 108 109
 Hansen, Kurt 117 127 130 133 134
 235
 Hansson, Lars 73 103 105 117 120
 122 123 243
 Hart, Michael 169
 Hartman, P L 61
 Hedman, Britt 216
 Heilig, Mates 111
 Heisenberg, Werner 31
 Hellborg, Ragnar 60
 Herb, R G 59
 Hermann, Armin 66
 Heurlinger, Torsten 244
 Himpel, Franz 189
 Holmgren, K A V 245
 't Hooft, Gerardus 35
 Hooke, Robert 26
 Hoppe, Gunnar 135 136 137 141
 142 143
 Hulthén, Erik 244
 Husmann, D 101
 Huygens, Christian 26

PERSONREGISTER

Hyltén, Gunnar 58 105

I

Inoue, T 32
Isaksson, Lennart 134 234 240
Ising, Gustaf 44 45
Iwanenko, D 38

J

Jakobsson, Herbert 84
Jarlskog, Göran 41 105
Jensen, Preben 105 121
Johansson, Arne 79 80 153 154
Johansson, Börje 157
Johansson, Lars-Gösta 117 125
Johansson, Leif 101 129 161 162
Johansson, Mikael 229
Johansson, Sven 40 56 57 60 69 70 73
108 147 243
Johansson, Sven-Erik 130
Johansson, Thomas B 60
Johnson, Arne 63
Johnsson (Linder), Bengt 58
Joliot-Curie, Irène 32
Joliot, Frédéric 32
Jonsson, Göran G 58 89
Jordan, Pascual 31
Järund, Anders 58
Jönsson, Leif 41

K

Kallerhed, Britt-Marie 105
Kaufmann, Walter 28
Kerst, D W 37 39 51 65 137
Key, Wilhelm 105 117 125
Kienle, Paul 187
Kirchhoff, Gustav 26

Kivikas, Tõive 58
Kleen, Lars 208 209 210
Knipping, Paul 29
Knowlton, G 38
Kobayashi, Makoto 33
Koch, E-E 37
Koch, John 244
Krige, J 66
Kristoffersson, Rolf 175 204 208
Kullander, Sven 153
Kung Carl XVI Gustav 218 219 220
Kunz, Christof 129 169 213
Kurland, Charles 167
Kvick, Åke 157
Källén, Gunnar 60 67
Källne-Rachlew, Elisabeth 129

L

Landberg, Hans 82
Langmuir, R V 8
Larmor, Joseph 37
Larsson, Christer 130
Laue, Max von 29
Lawrence, Ernest 45 46 47
LeBlanc, Greg 223
Leide, Arvid 54 246
Leiss, J E 78
Lemne, Aina 5
Lemne, Mats 151
Lidén, Kurt 39 105 243
Lidén, Märta 39
Liénard, Alfred Marie 37
Liljas, Anders 143 157 226
Lindau, Ingolf 19 101 161 162 175
211 216 218 219 225 249
Lindberg, Uno 157
Lindblad, Per Olof 197

Linder-Aronson, Lennart 19 162 165 171 203
218 222
Lindgren, Ingvar 151 185 186 197
Lindgren, Kurt 58 75 89 105
Lindgren, Lars-Johan 58 117 118 119 120
133 166 175 212
Lindh, Axel E 54 244
Lindqvist, Ingvar 86 87 88 135 136
137 161
Lindqvist, Svante 69
Lindqvist, Torsten 67 153
Livingston, Stanley 47 51
Ljunggren, Björn 102
Lugner, Kjell 58
Lundborg, Sven 105 121
Lundgren, Åke 125
Lundin, Lennart 117 128
Lundin, Magnus 133 234
Lörstad, Bengt 105

M

Magnusson, Kjell 130
Malmqvist, Klas 60
Malus, Étienne Louis 26
Manchini, D 145
Marsden, Ernest 29
Martinsson, Indrek 19 130
Maskawa, Toshihide 33
Maxwell, James Clerk 27 247
McMillan,
Edwin Mattison 37 38 51 64 65
Meitner, Lise 32
Mendelev, D I 30
Menlős, Daniel 29
Mersits ,U 66
Michelson, Albert A 27
Moran, James 189
Morgen, P 161

Morgenstein, Reihard 189
Morley, Edward Williams 27
Moroz, E M 62
Moseley, Henry 30 244
Müllhaupt, G 213
Månsson, Anders 150
Mårtensson, Nils 18 19 149 221 222
250

N

Naeslund, John 64
Nathan, Ove 67 88
Neddermeyer, Seth 32
Nelander, Bengt 228 229
Newton, Isaac 26 27 246
Nilsson, Dahn 133 134
Nilsson, Jan S 71 143 197
Nilsson, Lars Olof 132
Nilsson, Mats 117 127 130 133
Nilsson, Per-Olof 17 18 99 100 102
112 129 130 131 157 162 165 212 247 248
Nilsson, Sigward 80 105
Nilsson, Sven-Gösta 60
Nilsson, Thomas 121
Nordén, Bengt 167 168 169
Nordgren, Joseph 161 162 213 250
Nordling, Carl 87 101 129 157 130
160 161 167 180 195 197 249
Nyberg, Stig 66
Nyholm, Ralf 130 161 162 175 216
218 250
Nömmiste, Ergo 170

O

Odeskog, Gull-Britt 197
Ohlin, Per 40
Olsson, Elizabeth 5
Omning, Pär 199

PERSONREGISTER

Oredsson, Sverker 174
 Oseen, Carl Wilhelm 244
 Ossianilsson,
 Karl Gustav 136
 Ottosson, Mats Ola 157

P

Palme, Olof 204
 Pappas, Alexis 133
 Pauli, Wolfgang 31
 Persson, Bo 117 125
 Persson, Nils-Erik 105 116 117 124
 Persson, Per Erik 108 111
 Pestre, D 66
 Petersson, Rolf 127 134
 Petroff, Yves 212
 Pettersson, Lennart 107 175
 Pettersson, Ove 108 109 132
 Planck, Max 28 247
 Plummer, Ward 212
 Pollock, H C 38
 Pomeranchuk, I 38
 Poulsen, Ove 189
 Povh, B 88

R

Ramsay, Vilhelm 58
 Ramsey, Norman F 187
 Rausing, Gad 165
 Rausing, Hans 165
 Rausing, Ruben 40 103 165
 Reihl, B 216
 Reiningger, R 161
 Reines, Frederick 33
 Rigler, Rudolf 101 130
 Roberts, A 62
 Rosander, Staffan 62 105

Rosén, Arne 101
 Roslund, Johnny 117
 Rubinstein, Hector 178 179
 Rudstam, Gösta 58 153
 Rutherford, Ernest 29
 Ruuth, Bengt 5
 Ruuth, Boel 5
 Ryberg, Mark 204
 Rydbeck, Olof 65 84
 Rydberg, Johannes (Janne) 27 245
 Ryde, Hans 151
 Ryde, Nils 65
 Rånby, Bengt 144
 Röjssel, Peter 120 125 126 213
 Römer, Ole 26
 Röntgen, Wilhelm 27

S

Saile, Volker 189 216
 Sakata, Shoichi 32
 Salam, Abdus 34
 Sandell, Anders 134
 Sandell, Ulla 108
 Sandgren, Håkan 5
 Schröder, Bent 58 105 133 134 233
 Schrödinger, Erwin 31
 Schwinger, Julian 32 38
 Sedlacek, Miroslav 105 118
 Sellers, Pia 105 107 109
 Siegbahn, Kai 39 40 63 66 68 87
 109 144 221 244 248 250
 Siegbahn, Manne 30 36 54 62 87 140
 141 244
 Siemssen, Rolf 88 189
 Skeppstedt, Örjan 151 178 179 197
 Smith, Neville 189
 Snell, Willebrord 26

Snyder, Hartland 51
 Soddy, Frederick 63
 Soliakín, Georgy 105
 Sommerfeld, Arnold 244
 Starfelt, Nils 60
 Stecci, Baltzar 246
 Stiefler, Werner 17 18 58 59 73 99
 105 117 125 126 127 133
 Stjernquist, Nils 108 109 248
 Stobaeus, Kilian 246
 Strandberg, Sven 112
 Strassman, Fritz 32
 Strömberg, Kurt 108
 Sträck, Joseph 246
 Sträck-Gleerup,
 Anna Katarina 246
 Svedberg, The 63 64 84 144
 Svensson, Bengt E Y 19 203 215
 Svensson, Håkan 225
 Svensson, Svante 145 250
 Sydow, Björn von 175 176 181
 Sörensen, Stacey 149 150

T

Tamikawa, Yasutaka 32
 Tazzari, Sergio 169 213
 Tham, Carl 195
 Thomson, Joseph John 28
 Thånell, Johan 227
 Thånell, Leif 73 105 116 117 121
 123 124
 Tibell, Gunnar 153
 Tillborg, Helena 242
 Tomanaga, Sin-itiro 32
 Torisson, Tord 112
 Tomboulían, D H 61
 Triewald, Mårten 246

Tunebro, Torsten 174
 Tyllerhed, Gunnar 111
 Tyrén, Helge 63 64 66 144
 Törnelli, Bertil 251

U

Uggla, Oscar af 142
 Uhlenbeck, George 31
 Ullman, Helena 127 206
 Unckel, Per 203 204 211 222

V

Vekler, Vladimir 37 49 51
 Vogt, Eric 189

W

Wallenberg, Knut 140 141
 Wallenberg, Marcus 141
 Weinberg, Steven 34
 Wene, Clas-Otto 58
 Werin, Sverker 120 213 225
 Werner, Gustav 64
 Wernholm, Olle 37 38 39 51 56 61 62
 66 79 103 105 116 119 135 136 137 243 247
 Westling Håkan 108 135 164 165 174
 75 203 215 248
 Westrup, Lars Magnus 246
 Wick, Gian-Carlo 32
 Wideröe, Rolf 45 46
 Widmalm, Sven 69 70
 Wiechert, Emil 28
 Wigzell, Hans 199
 Wiklund, Stefan 127 130 214
 Wikström, Jan-Erik 107 113 146
 Wilkins, John 187
 Wilson, Tom 189
 Wingren, Bengt Erik 105 117 128

Wu, T T 41 42

Y

Young, Thomas 26

Yukawa, Hideki 32

Z

Zetterberg, Kent 66

Ziakas, Konstantinos 134

Zweig, George 33

Ö

Öquist, Gunnar 195 196 198 219

Österberg, Mats 175 204 205 208 209

Östros, Thomas 198 199

I serien Ugglan har utkommit

- 1 Idé- och lärdomshistoria i Lund 25 år, red. Gunnar Broberg (1991)
- 2 Upplysningens miljöer - ett nordiskt perspektiv, red. Gunnar Broberg (1994)
- 3 Jakob Christensson: Carl Fredrik Nordenskiölds förlorade illusioner (1994)
- 4 Gunnar Broberg: Statlig rasforskning. En historik över Rasbiologiska institutet (1995)
- 5 Den idéhistoriska bilden, red. Gunnar Broberg och Jakob Christensson (1995)
- 6 Dygd och medborgarskap i 1700-talets politiska tänkande, red. Svante Nordin och Rebecka Lettevall (1996)
- 7 Charlotte Christensen: Det personliga äktenskapet (1996)
- 8 Att gestalta historien, red. Jakob Christensson och Håkan Håkansson (1997)
- 9 Nordiska universitetskulturer, red. Sten Högnäs (1998)
- 10 Ugglan i dikt och bild (1997)
- 11 Att skriva filosofihistoria, red. Svante Nordin och Jonas Hansson (1998)
- 12 Fem uppsatser om steriliseringen i Sverige, red. Gunnar Broberg (1999)
- 13 Gustav Holmberg: Reaching for the Stars (1999)
- 14 Risk och Historia, red. Gunnar Norberg och Svante Nordin (2000)

I Minervaserien har utkommit

- 1 Bengt Forkman: Och det blev ljus. Hur MAX-lab kom till, växte upp och blev stort (2001).
- 2 Håkan Håkansson: Seeing the Word. John Dee and Renaissance Occultism (2001).

Forskare inom biologi, fysik, kemi, medicin och teknik utnyttjar det ljus som produceras då elektroner cirkulerar runt ytterst nära ljushastigheten vid MAX-lab, Lunds universitets nationella forskningsanläggning. Laboratoriets historia och uppbyggnad är unik. Vilka krafter har bestämt utvecklingen? Hur viktig är den lokala forskningstraditionen? Vilken betydelse har universitetsledning och forskningsråd haft? Hur har donationer påverkat händelseförloppet? Vilka politiska ställningstaganden ligger till grund för regeringsbeslut om storforskningsprojekt?



ISSN 1102-4313

ISBN 91-974153-1-6



Minervaserien