



# LUND UNIVERSITY

## Sagan om ringarna

Berättelsen om en liten MAX – hur han började gå, växte upp och blev stor.

Forkman, Bengt; Hultberg, Åer-Åke

*Published in:*

Fysik i Lund i tid och rum

2016

*Document Version:*

Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Forkman, B., & Hultberg, Å.-Å. (2016). Sagan om ringarna: Berättelsen om en liten MAX – hur han började gå, växte upp och blev stor. I *Fysik i Lund i tid och rum* Gidlunds förlag i samarbete med Fysiska institutionen, Lunds universitet.

*Total number of authors:*

2

*Creative Commons License:*

CC BY

### 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

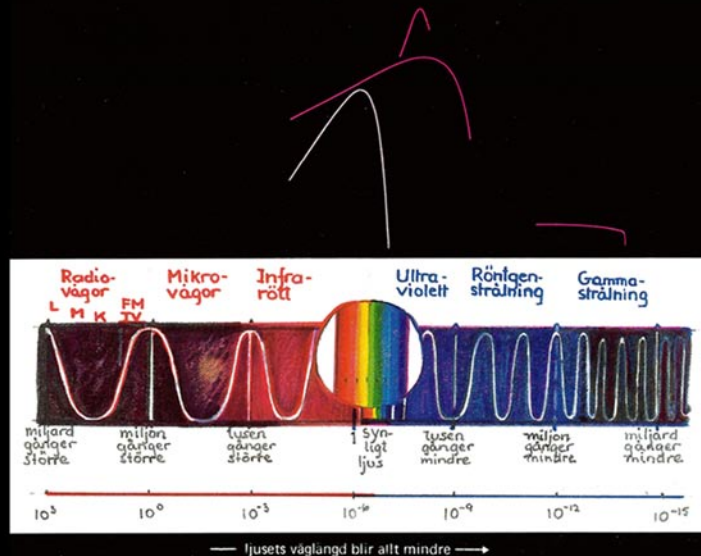
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

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

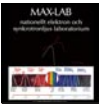
# MAX-LAB

nationellt elektron och  
synkrotronljus laboratorium



## Sagan om ringarna

Berättelsen om en liten MAX  
– hur han började gå,  
växte upp och blev stor.



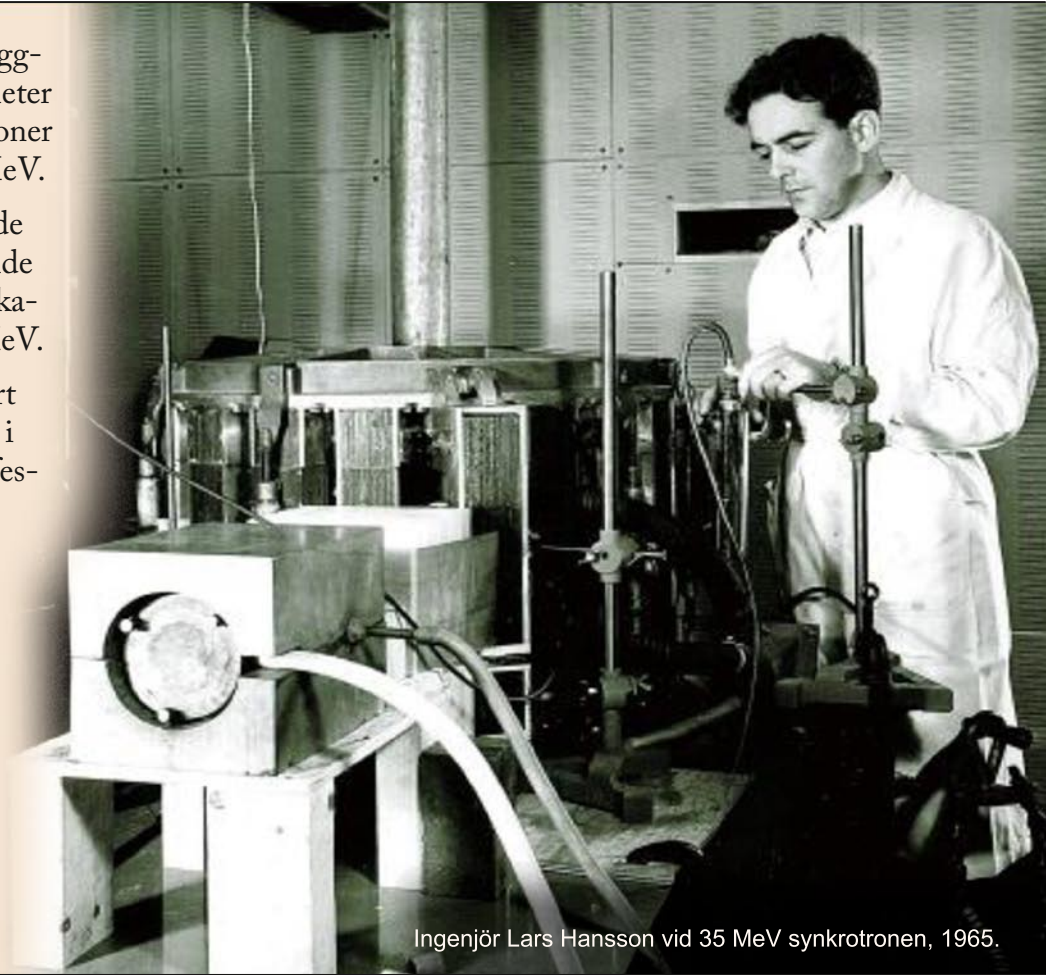
## En liten ring

Sveriges första elektronaccelerator byggdes på KTH 1945. Den hade en diameter på 13 cm och kunde accelerera elektroner i en ringformad bana till energin 2 MeV.

Konstruktören Olle Wernholm byggde allt större accelerators, och 1953 kunde Fysicum i Lund överta hans senaste skapelse, en elektronsynkrotron för 35 MeV.

Placeringen i Lund initierades av Kurt Lidén, laborator och senare professor i radiofysik, och Sten von Friesen, professor i kärnfysik.

1 MeV är energin hos en elektron som accelererats över en spänning på 1 miljon volt.



Ingénieur Lars Hansson vid 35 MeV synkrotronen, 1965.

## En större ring



LUSY med energi upp till 1200 MeV.

35 MeV synkrotronen användes för kärnfysikaliska experiment. Efter hand uppstod behov av högre energier för att studera mesoner och andra nyupptäckta partiklar.

Olle Wernholm hade planer för en större synkrotron. Frågan var om acceleratoren skulle placeras i Lund eller Uppsala. Tack vare en kampanj av Sten von Friesen ställde ett antal skånska företag upp med finansiering av en byggnad i Lund – och acceleratoren placerades där. Den döptes till LUSY, Lund University Synchrotron.

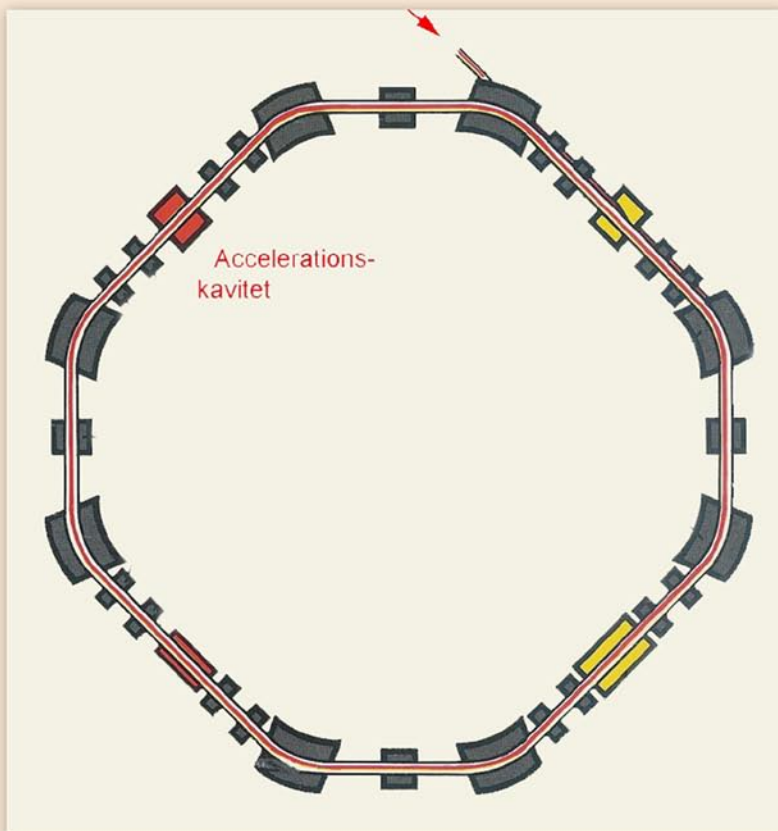




# Synkrotronprincipen

Elektroner som accelererats i ett elektriskt fält sänds in i en ringformad bana. Vid varje varv får elektronerna ett energitillskott när de passerar genom ett område med ett högfrekvent elektriskt fält, som är synkroniserat med omloppstiden, därav namnet synkrotron.

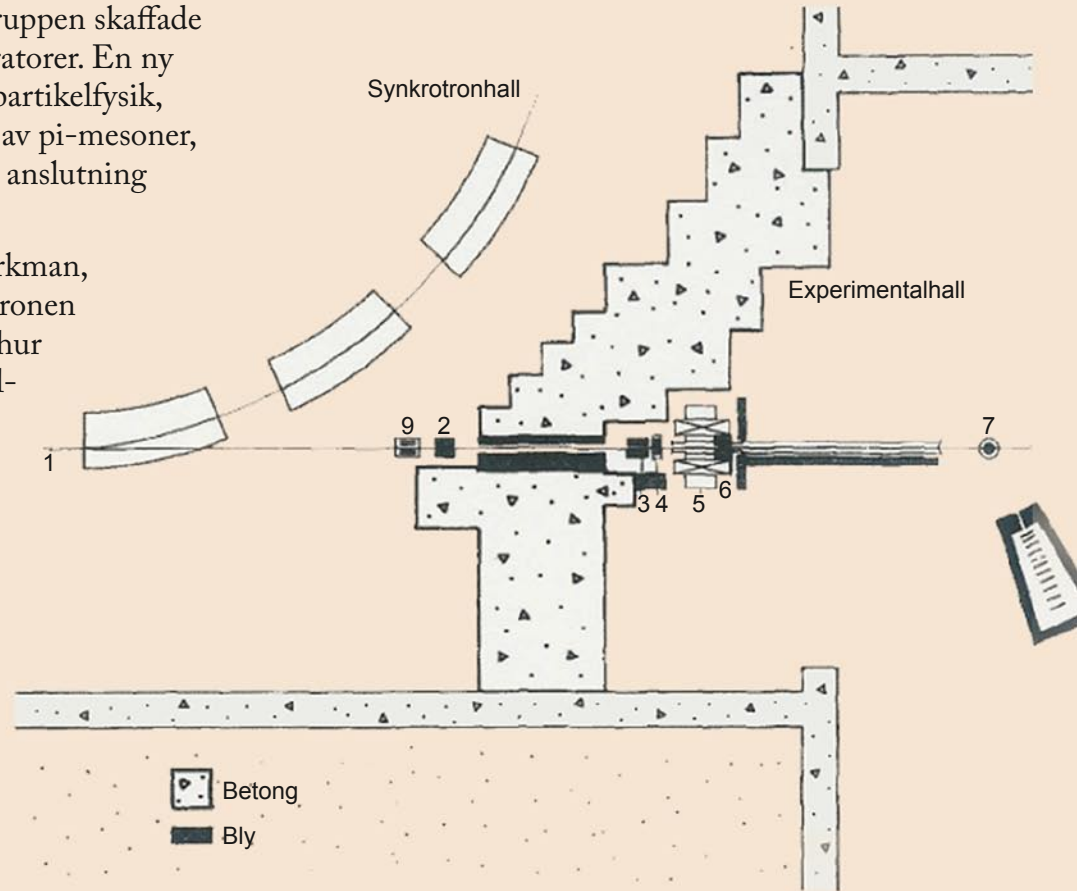
Banans radie bestäms av magnetfältet och elektronernas hastighet. Om hastigheten ligger nära ljusets hastighet redan vid inträdet i ringen ger energitillskottet en ökning av massan i stället för hastigheten, och elektronerna stannar kvar i sin bana.



# Forskning vid LUSY

LUSY kom i drift 1962 och driftgruppen skaffade sig allt större kunskaper om accelerators. En ny forskningsavdelning för elementarpartikelfysik, som även användes för produktion av pi-mesoner, bildades 1965 av Guy von Dardel i anslutning till LUSY.

En annan grupp, ledd av Bengt Forkman, arbetade både vid 35 MeV-synkrotronen och vid LUSY, där man studerade hur atomkärnor påverkades av den strålning som bildades då elektroner kolliderade med materia.

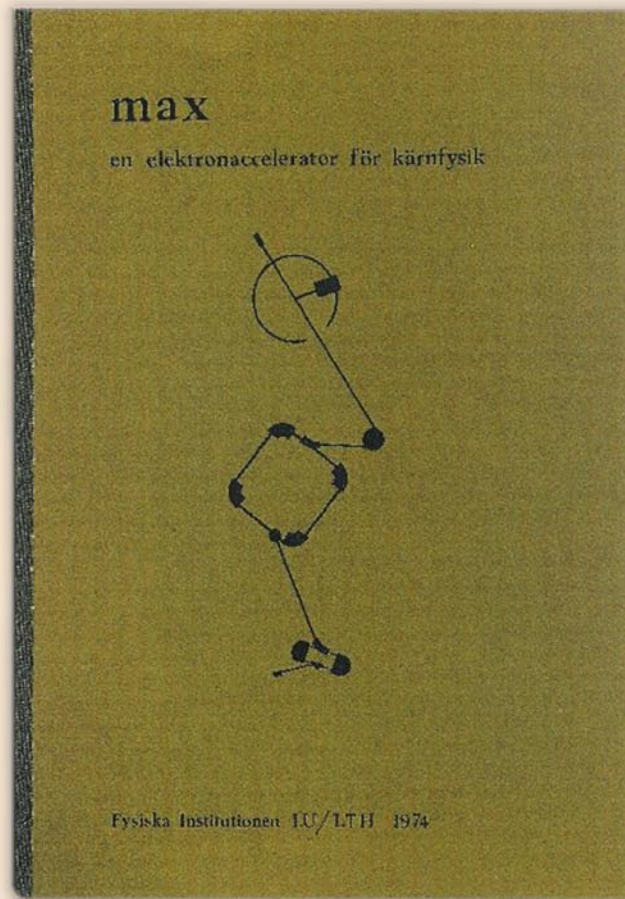


## 1971 – ett ödesår

När en kraftig utbyggnad av CERN (den europeiska forskningsorganisationen för kärnfysik i Genève) diskuterades, uppstod frågan om Sveriges ekonomiska stöd till projektet.

1971 beslöts att stödet skulle tas från kärnfysikanslaget och därmed upphörde stödet till LUSY.

Acceleratorgruppen och Kärnfotogruppen måste göra något för att rädda verksamheten i Lund. Idéer saknades inte, och en ansökan till Atomforskningsrådet undertecknad av Bengt Forkman och driftchefen vid LUSY Rune Alvinsson blev klar årsskiftet 1973/74.



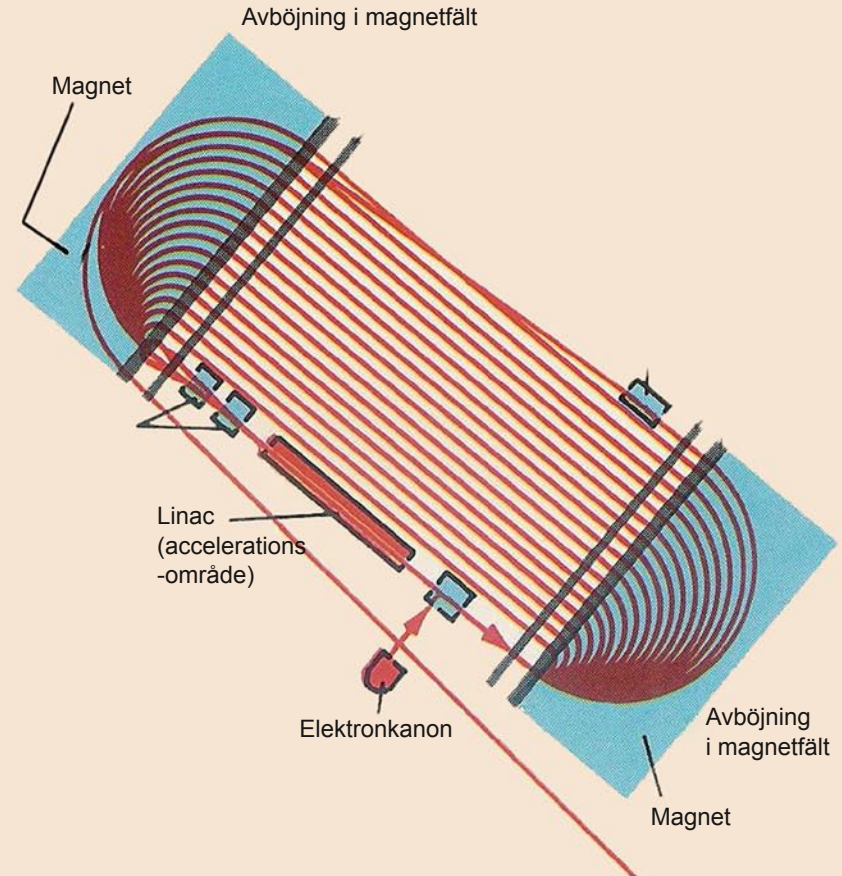
## Ursprunget till MAX

Det nya projektet gällde en mindre anläggning för kärnfysik, och bestod av en accelerator som kunde producera elektroner med energin 100 MeV; en ring som kunde omvandla de korta pulserna från acceleratoren till en kontinuerlig elektronström och ett system som kunde märka elektroner med viss energi för kärnfysikexperimenten.

Den planerade acceleratoren hade utvecklats av Olle Wernholm och kallades racetrack-mikrotron eftersom elektronerna rör sig i banor som liknar en kapplöpningsbana.

Orden mikrotron och accelerator tillsammans med det faktum att elektronerna kunde producera röntgenstrålning, X-rays, gav upphov till namnet MAX.

### 100 MeV Mikrotron

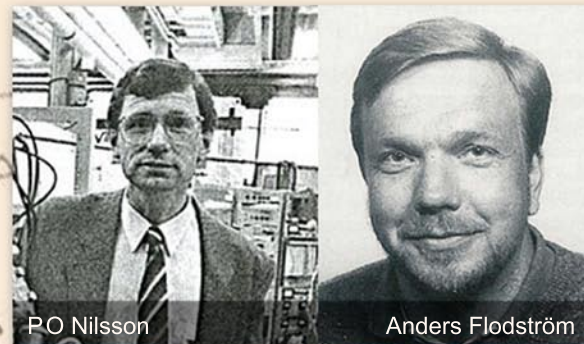




## En ljus idé

Från början handlade MAX-projektet enbart om kärnfysik, men på ett tidigt stadium började forskare inom materialfysik – PO Nilsson i Göteborg och Anders Flodström i Linköping – fundera på om inte ringen i MAX kunde producera synkrotronljus.

Mikael Eriksson, som alltsedan början varit teknisk chef på MAX-lab, utredde möjligheterna, och ett utökat MAX-projekt som inkluderade synkrotronljus-forskning tog form. Lagringsringen utformades så att den kunde höja elektronernas energi till 550 MeV.



PO Nilsson

Anders Flodström

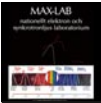
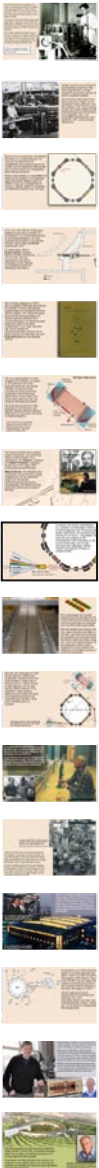
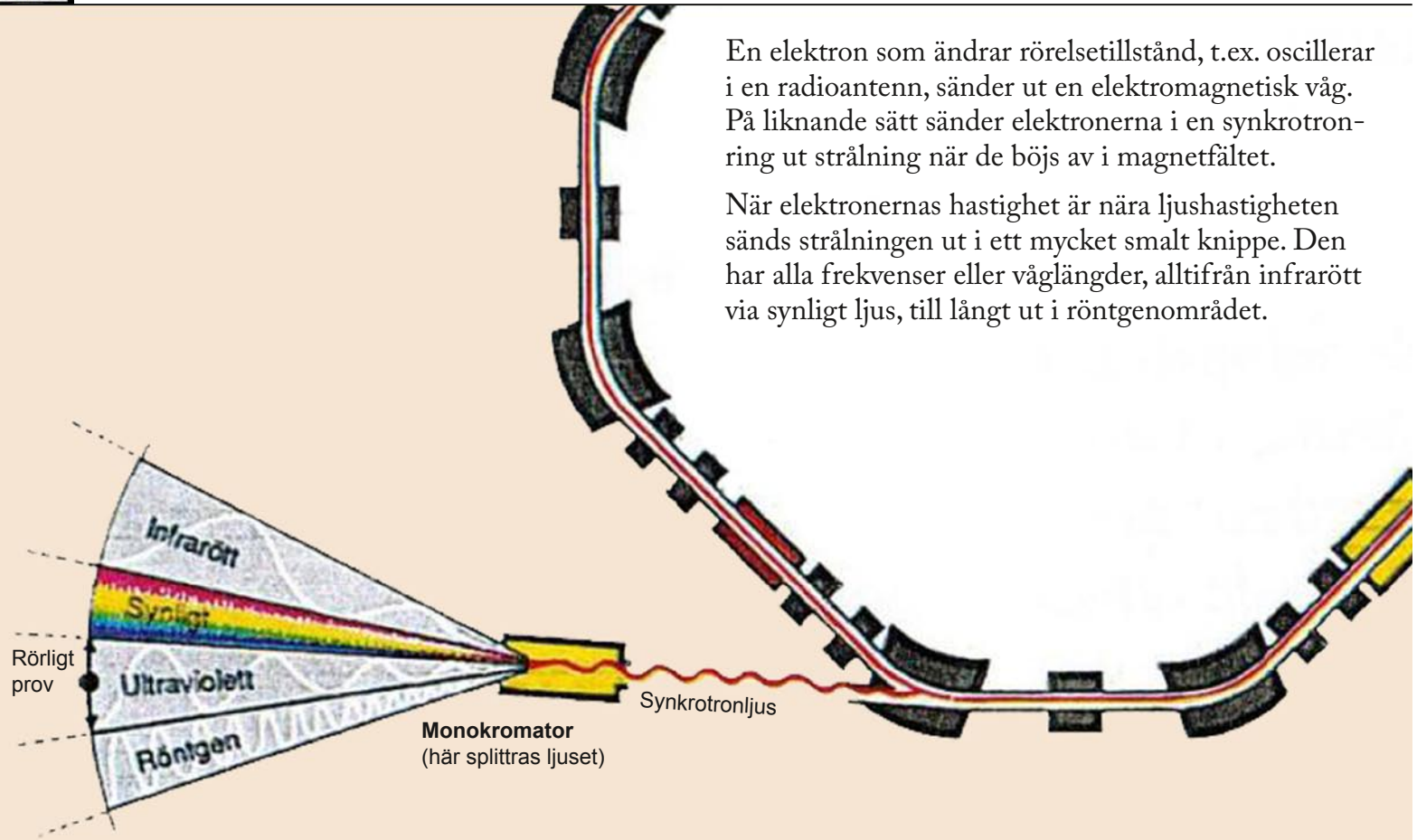


Mikael Eriksson

# Synkrotronljus

En elektron som ändrar rörelsetillstånd, t.ex. oscillerar i en radioantenn, sänder ut en elektromagnetisk våg. På liknande sätt sänder elektronerna i en synkrotronring ut strålning när de böjs av i magnetfältet.

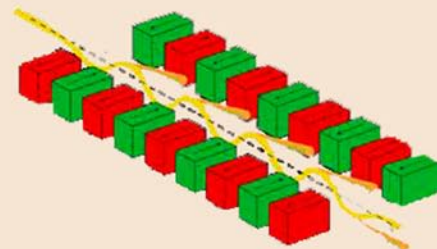
När elektronernas hastighet är nära ljushastigheten sänds strålningen ut i ett mycket smalt knippe. Den har alla frekvenser eller våglängder, alltifrån infrarött via synligt ljus, till långt ut i röntgenområdet.



# Undulator



Undulator från MAX III.



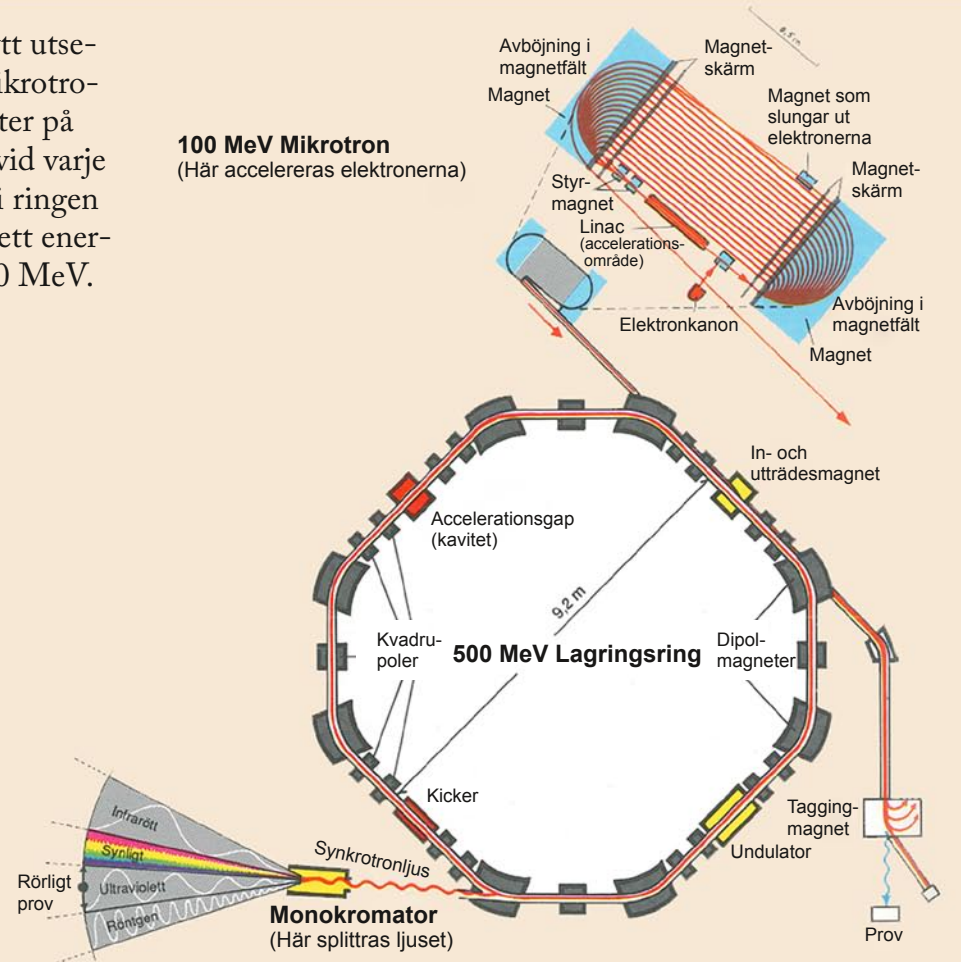
Det är egenskapen att innehålla strålning med hög intensitet över ett mycket brett frekvensområde som gör synkrotronstrålningen så användbar inom vitt skilda forskningsområden.

Man kan åstadkomma strålning med ännu högre intensitet med hjälp av en undulator, där elektronerna passerar ett magnetfält med växlande polaritet. De kommer alltså att oscillera i banan, och i varje krök utstrålar strålning.

Med rätt anpassade avstånd mellan magneterna kommer strålarna att interferera och förstärka varandra i ett smalt frekvensområde.

## MAX I

Med den nya inriktningen fick MAX ett nytt utseende. Elektronerna accelereras i racetrackmikrotronen innan de leds in i ringen med en diameter på 9,2 m. Banan formas av åtta magneter, och vid varje böjning utsänds strålning. På en raksträcka i ringen passerar elektronerna ett område där de får ett energitillskott så att de når maximalenergin 550 MeV. På en annan raksträcka finns en undulator.



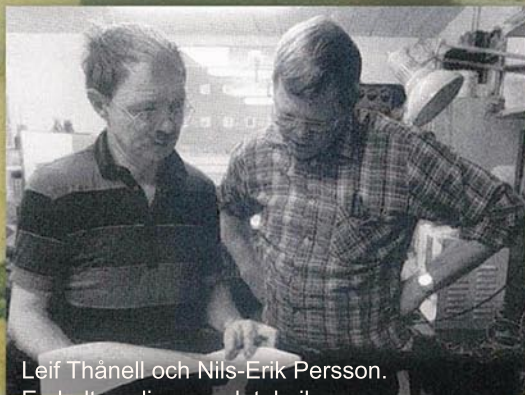
Kärnfysikexperiment utfördes, fram till och med våren 2015, med elektroner som leds ut från ringen till ett separat laboratorium.



## Hemmabygge

För att hålla nere kostnaderna och för att ha full flexibilitet under utvecklingen byggdes MAX till allra största delen vid den egna verkstaden, först på Fysicum, senare på MAX-lab.

Tio års erfarenhet från drift och ombyggnader av LUSY gjorde detta möjligt. Hela projektet leddes av Bengt Forkman med Mikael Eriksson som teknisk chef och Leif Thånell som verkstadschef.



Leif Thånell och Nils-Erik Persson.  
En helt vanlig svensk teknikergrupp,  
hängiven och lojal, byggde upp MAX-lab.



Werner Stiefler upplinjerar strålröret.

## MAX flyttar hemifrån

Sensationen MAX flyttar in i M-husets gamla energihall. *MAX i de nya lokalerna kommer att göra succé!*, säger Bengt Forkman. Stora bilden visar samma plats tio år senare.

1981 bröts MAX-lab ut ur Fysiska institutionen och bildade en egen enhet med egen styrelse och egen föreståndare. Laboratoriet placerades direkt under rektorsämbetet. Ett starkt skäl var att främja laboratoriet som ett nationellt laboratorium.

Ungefär samtidigt beslutade Naturvetenskapliga Forskningsrådet (NFR) att ha forskning med synkrotronljus som prioriterat område, vilket Lunds universitet tog till sig och erbjöd lokaler i en stor maskinhall i M-huset på LTH.





# En större MAX

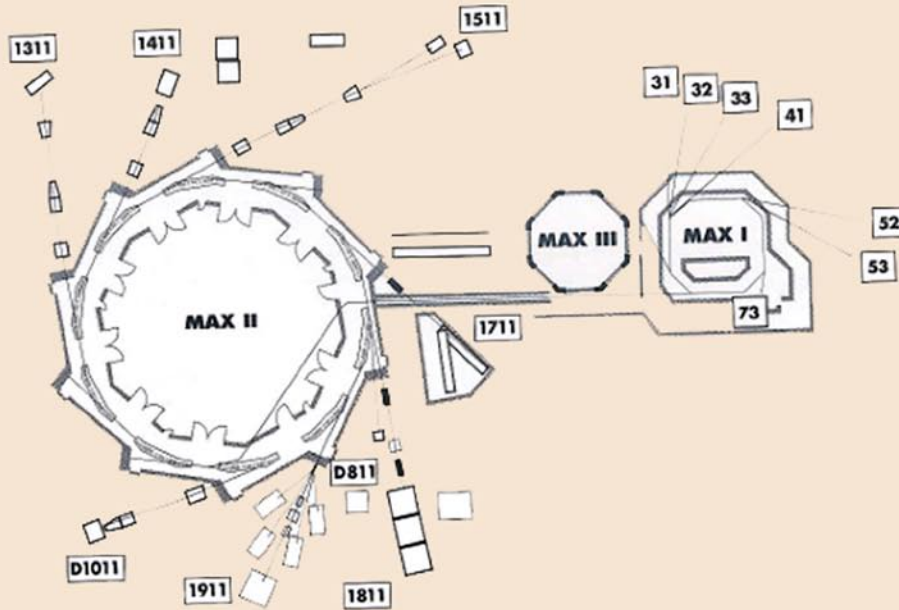


Den 15 september 1995 invigdes MAX II av Kung Carl XVI Gustaf. Ingolf Lindau, MAX-labs föreståndare 1991-1997, guidar.

Redan innan MAX stod färdig för produktion av synkrotronljus 1986 hade Mikael Eriksson och Anders Flodström börjat skissa på en vidareutveckling av MAX till högre energi och därmed högre intensitet och kortare våglängder. 1991 beslöt NFR att stödja ett projekt på 1500 MeV med en ring med diametern 30 m. Projektet kallades MAX II.

Det nya projektet krävde en större byggnad, och i februari 1993 var den nya acceleratorhallen på 4000m<sup>2</sup> färdig.

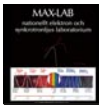
# MAX-lab



Acceleratorerna vid MAX-laboratoriet bestod av tre elektronlagringsringar (MAX I, MAX II och MAX III) samt en föraccelerator (MAX-injektor). MAX III var en 700 MeV-ring som sedan 2007 avlastade användartrycket på MAX II. Den används också för att testa ny teknologi inför bygget av MAX IV.

Alla tre ringarna producerade synkrotronljus för experiment och mätningar inom olika forskningsområden som fysik, kemi, materialvetenskap, biokemi, medicin m.m. och användes av forskargrupper från många länder.





## Ringarnas konstruktion



Mikael Eriksson

Mikael Eriksson började som doktorand inom kärnfotogruppen och kom snabbt att intressera sig för utveckling av elektronacceleratorer.

MAX-labs konsult Bengt Anderberg från Scanditronics designade injektorsystemet och svarade magneterna direkt ur massiva järnplattor. Denna kompakta magnetstruktur medförde betydande fördelar inte minst kostnadsmässigt.

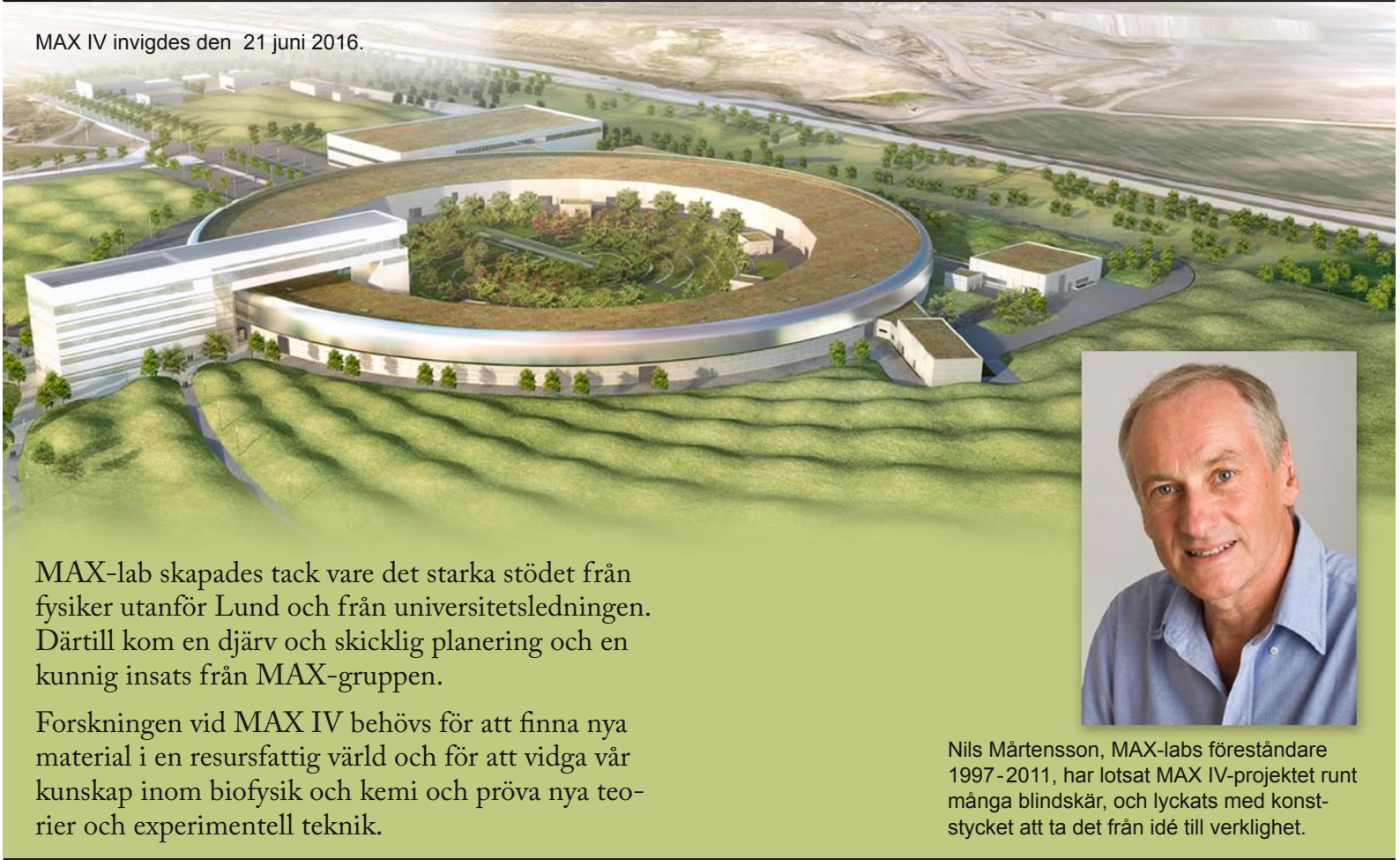
Mikaels banbrytande insatser har gett honom högsta internationella erkännande. Han betraktas som pionjär inom acceleratorfysik och nya synkrotronljuskällor byggts efter hans idéer.



Bengt Anderberg

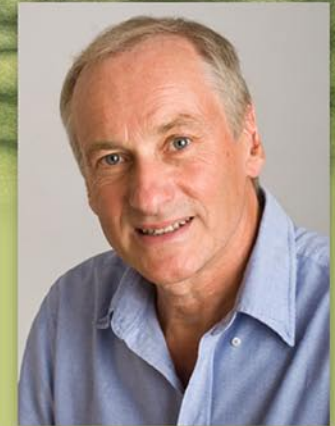
# MAX i framtiden

MAX IV invigdes den 21 juni 2016.



MAX-lab skapades tack vare det starka stödet från fysiker utanför Lund och från universitetsledningen. Därtill kom en djärv och skicklig planering och en kunnig insats från MAX-gruppen.

Forskningen vid MAX IV behövs för att finna nya material i en resursfattig värld och för att vidga vår kunskap inom biofysik och kemi och pröva nya teorier och experimentell teknik.



Nils Mårtensson, MAX-labs föreståndare 1997-2011, har lotsat MAX IV-projektet runt många blindskär, och lyckats med konststycket att ta det från idé till verklighet.