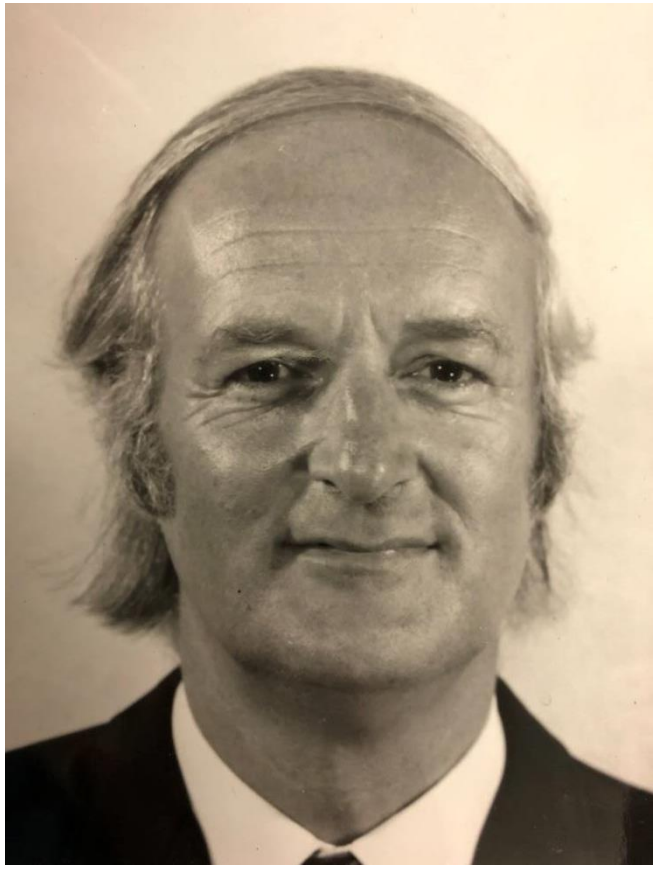
Das Wunder von Villigen

Werner Joho

Symposium zu Ehren von Jean-Pierre Blaser, 29.Februar 2020



Jean-Pierre Blaser
25.2.1923 – 29.8.2019

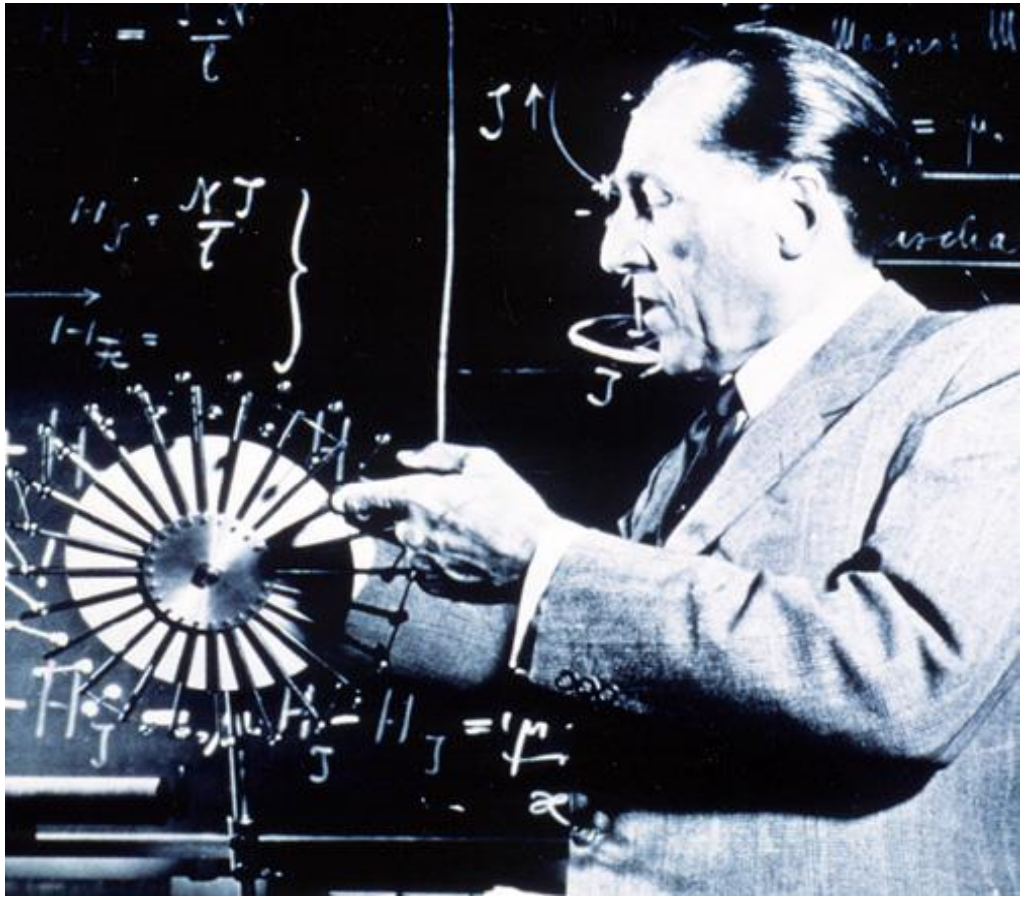
1955-1959 Direktor der Sternwarte Neuchâtel

1959 Nachfolger von Paul Scherrer als Physikprofessor an der ETH Zürich

1968 - 1988 einziger Direktor des SIN

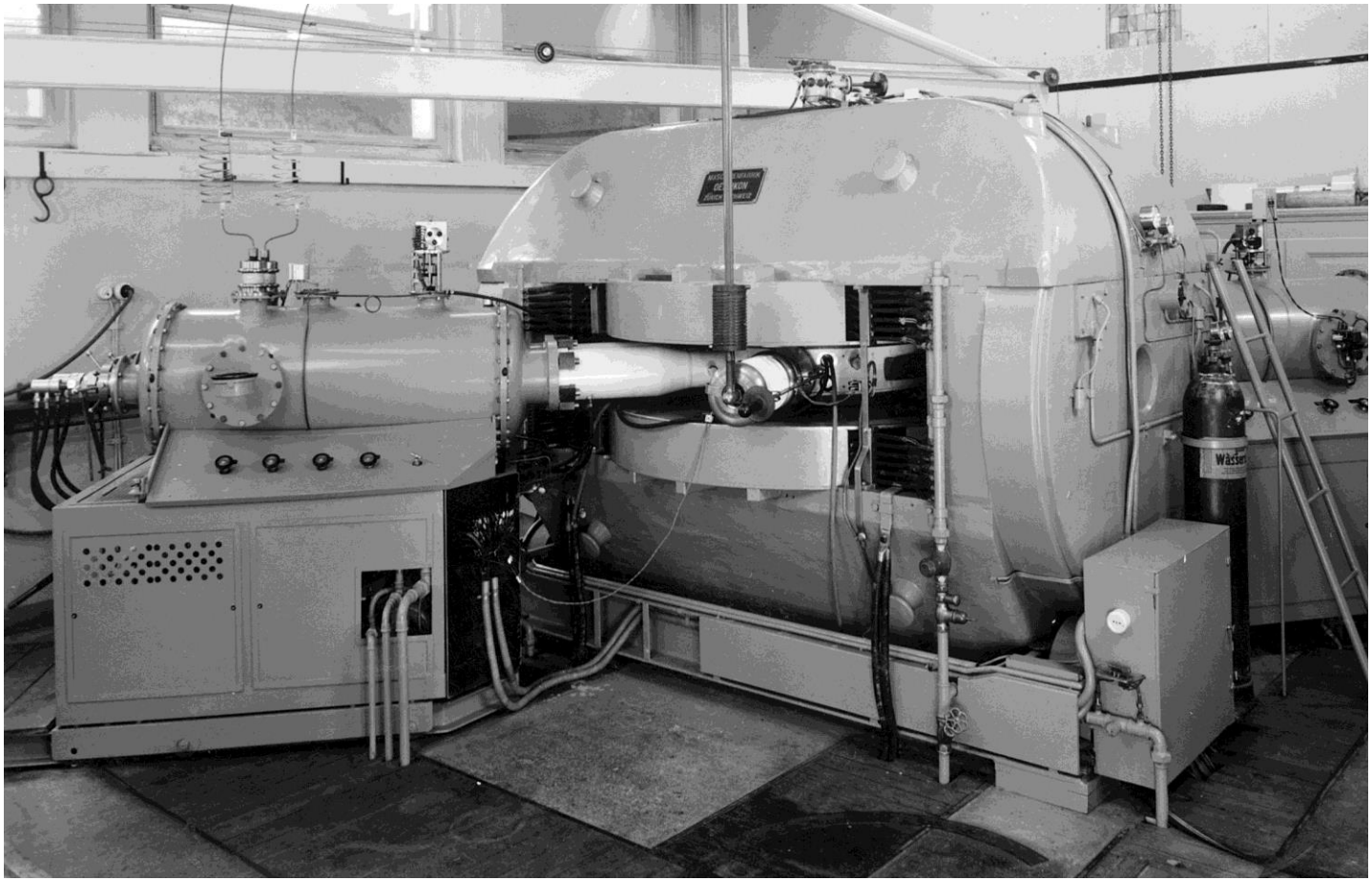
1988 – 1990 1.Direktor des PSI

Paul Scherrer (1890 – 1969)



- 1920: Direktor Physik Institut ETH.
  populäre Vorlesungen als grosse Show
- Beteiligung an der Gründung des
  CERN in Genf

Das ETH Zyklotron 1944-1964



15 MeV Protonen

Paul Scherrer mit

Postdocs:

J.P.Blaser

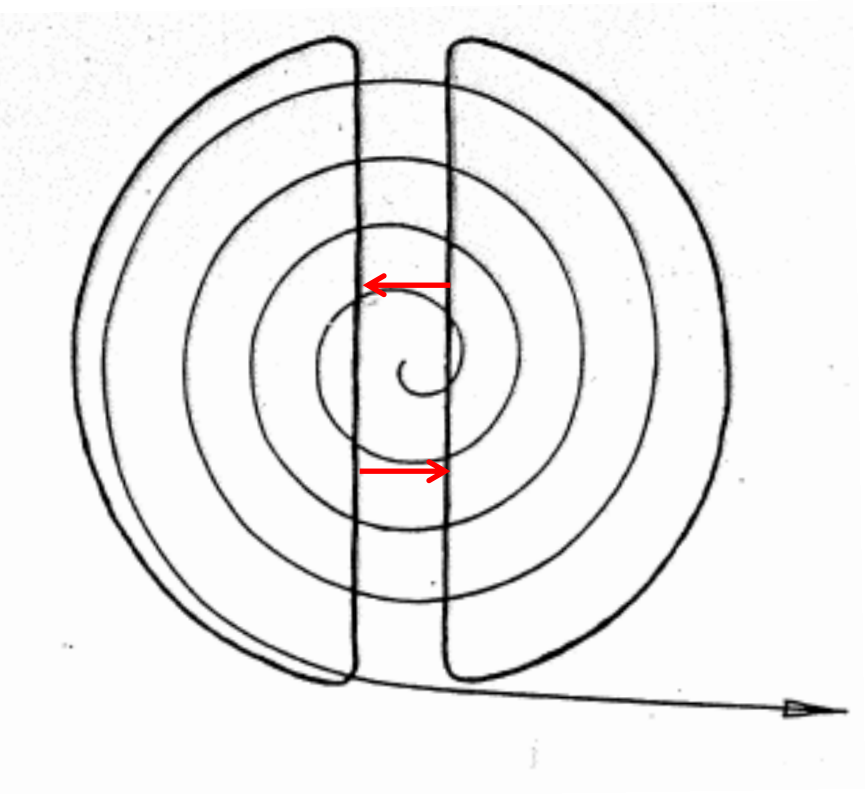
Pierre Marmier

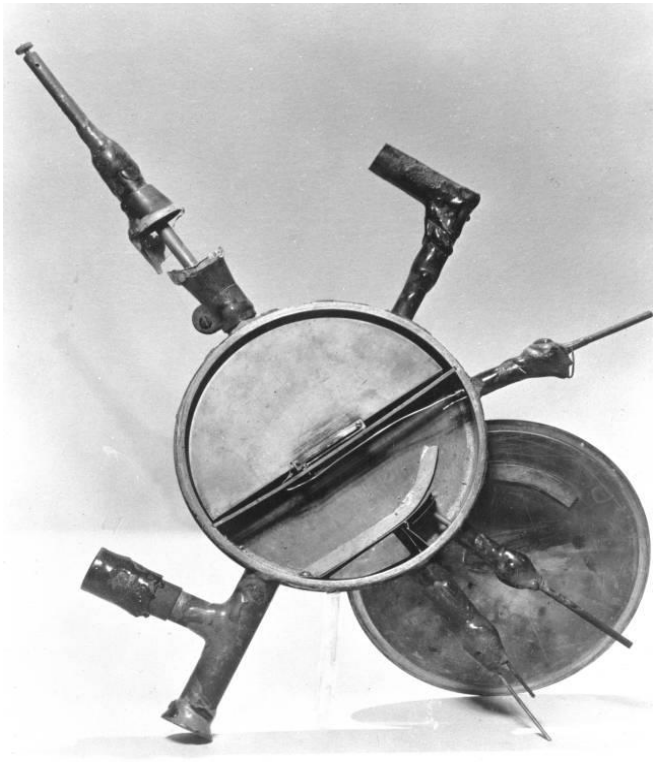
Peter Preiswerk

Courtesy

A.Pritzker

Das erste Zyklotron 1931





E.O.Lawrence, Berkeley Kalifornien

(inspiriert durch Artikel von R.Wideroe)

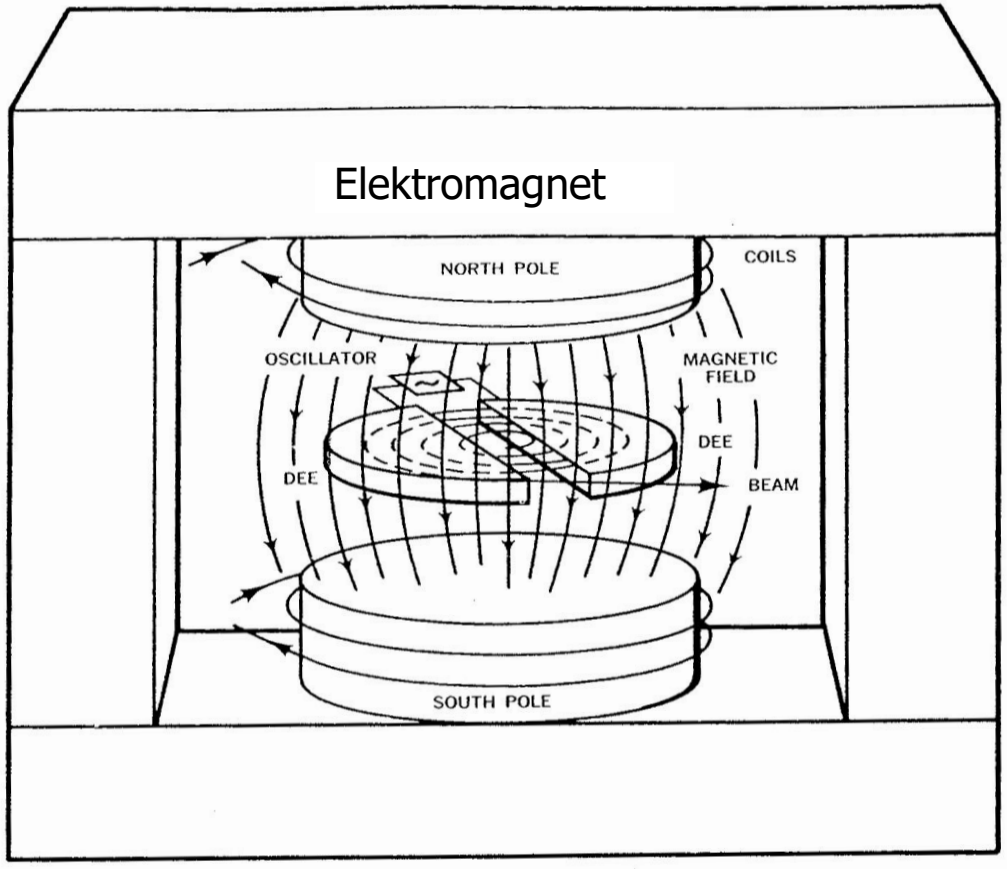
Nobelpreis 1939

4 inch Durchmesser, 80 keV Protonen

1 kV Spannung am Dee

konstruiert durch **M.S.Livingston**

Klassisches Zyklotron



Das HF-System ist eingequetscht im Magnetspalt

- die Spannung ist limitiert
- tiefer Wirkungsgrad
- unnötig grosser Magnetspalt

Erbe von Paul Scherrer an J.P.Blaser

Projektgruppe (ca. 20 Personen)

für ein Zyklotron ähnlich wie in Berkeley, Kalifornien für Kernphysik .

Paul Scherrer delegierte **Hans Willax**, Paul Lanz, Hans Baumann nach Berkeley

=> Für J.P.Blaser war dieses Projekt zu wenig ambitiös.

Das Berkeley 88 inch Zyklotron, 1961

Hans Willax

Courtesy

A.Pritzker

neues Ziel: "Mesonenfabrik"

100μA Protonen (bisher 0.1 μA)

- Unterstützung durch Experten am CERN (Pierre Lapostolle)
- Auftrag an AEG für ein 450 MeV Zyklotron

  Problem: Extraktionsverluste > 20% => Aktivierung des Zyklotrons

nach Internationaler Zyklotron Konferenz 1962 in Los Angeles

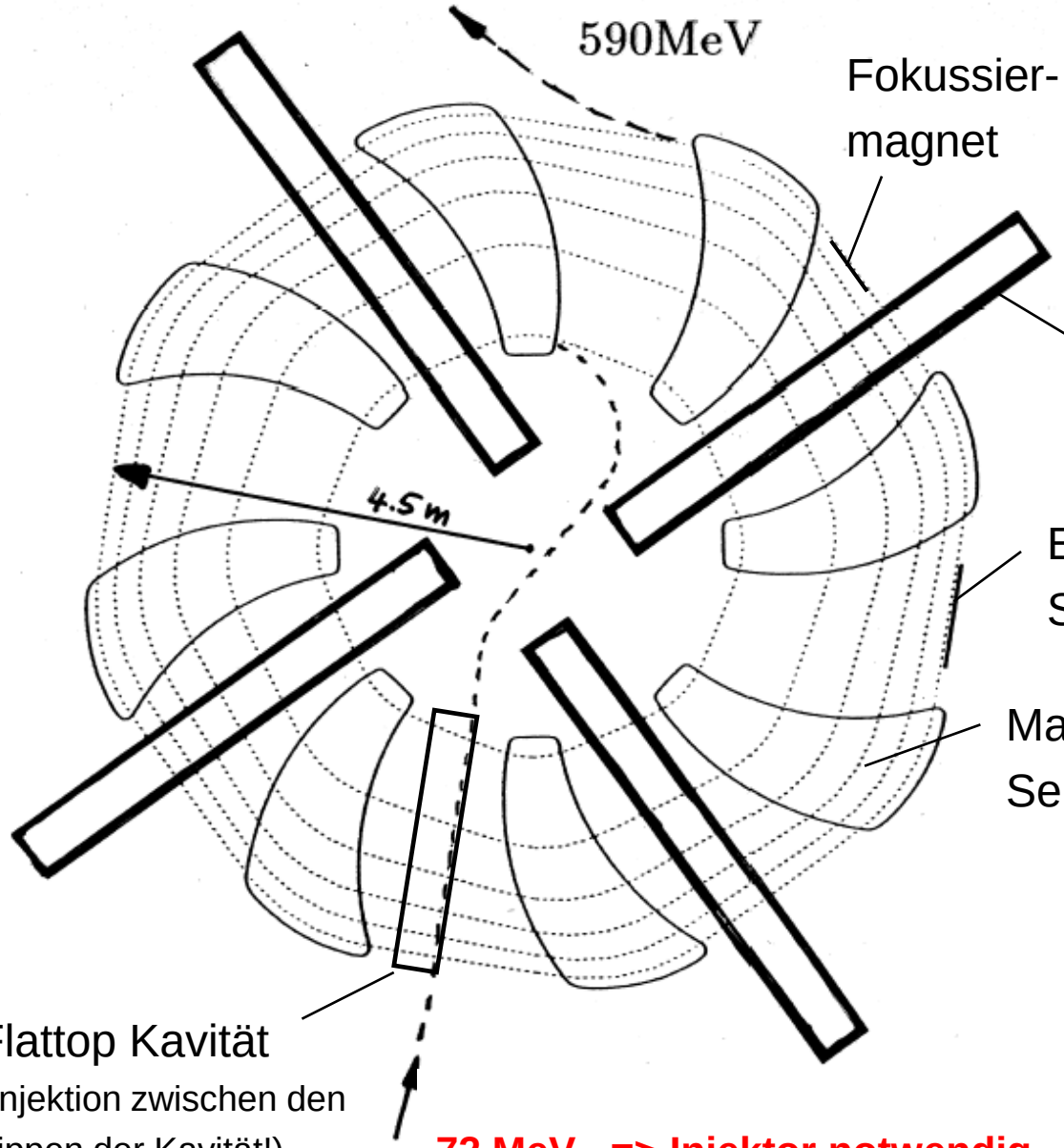
hat **Hans Willax** die geniale Idee:

Aufspaltung des Magneten in mehrere Sektoren

=> Platz für Kavitäten mit hoher HF-Spannung

J.P.Blaser ist sofort begeistert

Ring Zyklotron für Protonen



Fokussier-magnet

HF Kavität

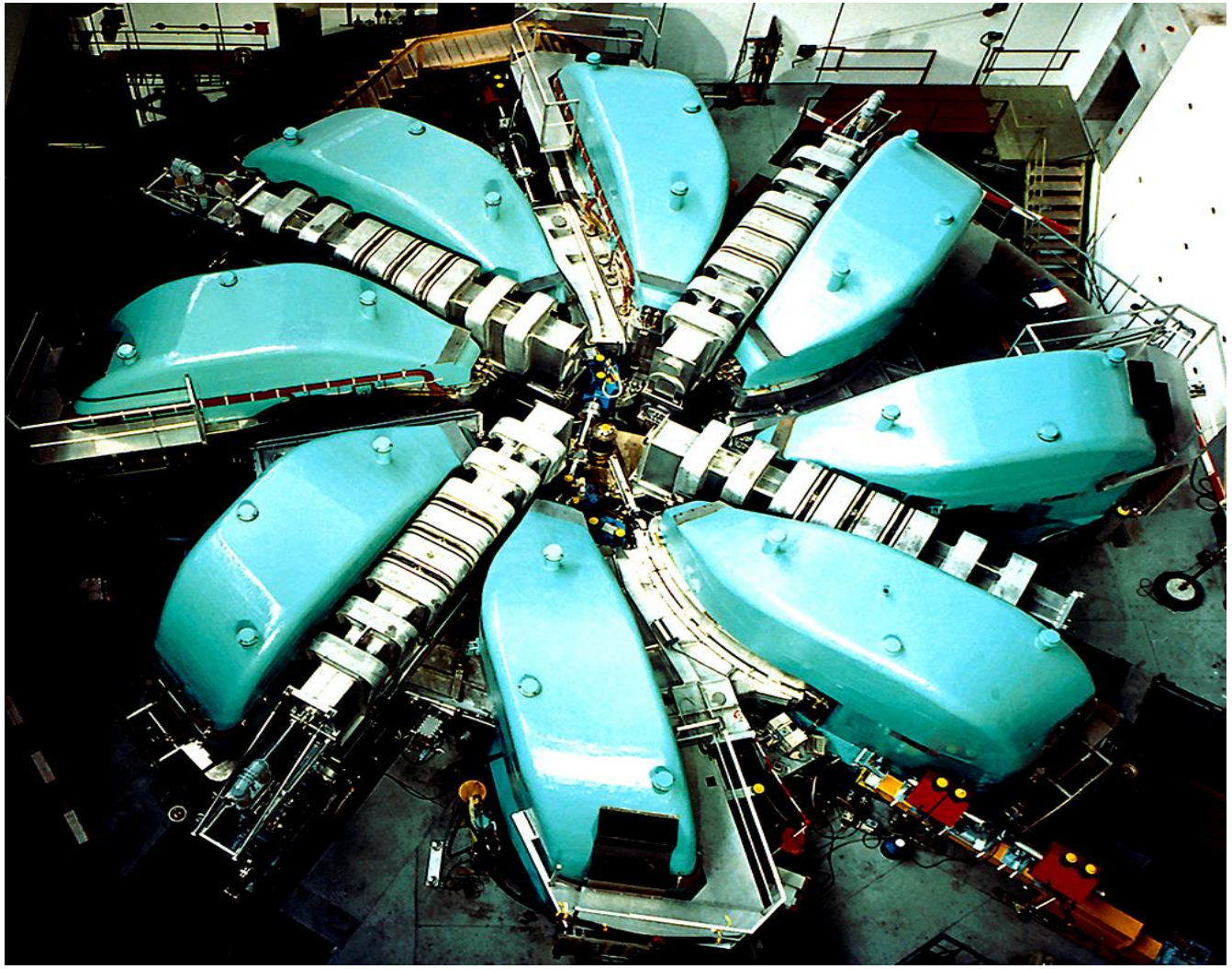
Extraktions-Septum

Magnet Sektor

Flattop Kavität
(Injektion zwischen den Lippen der Kavität!)

72 MeV => Injektor notwendig

Ring Zyklotron am SIN in Villigen (1974)



590 MeV Protonen

15 m Durchmesser

8 Magnete à 250 Tonnen

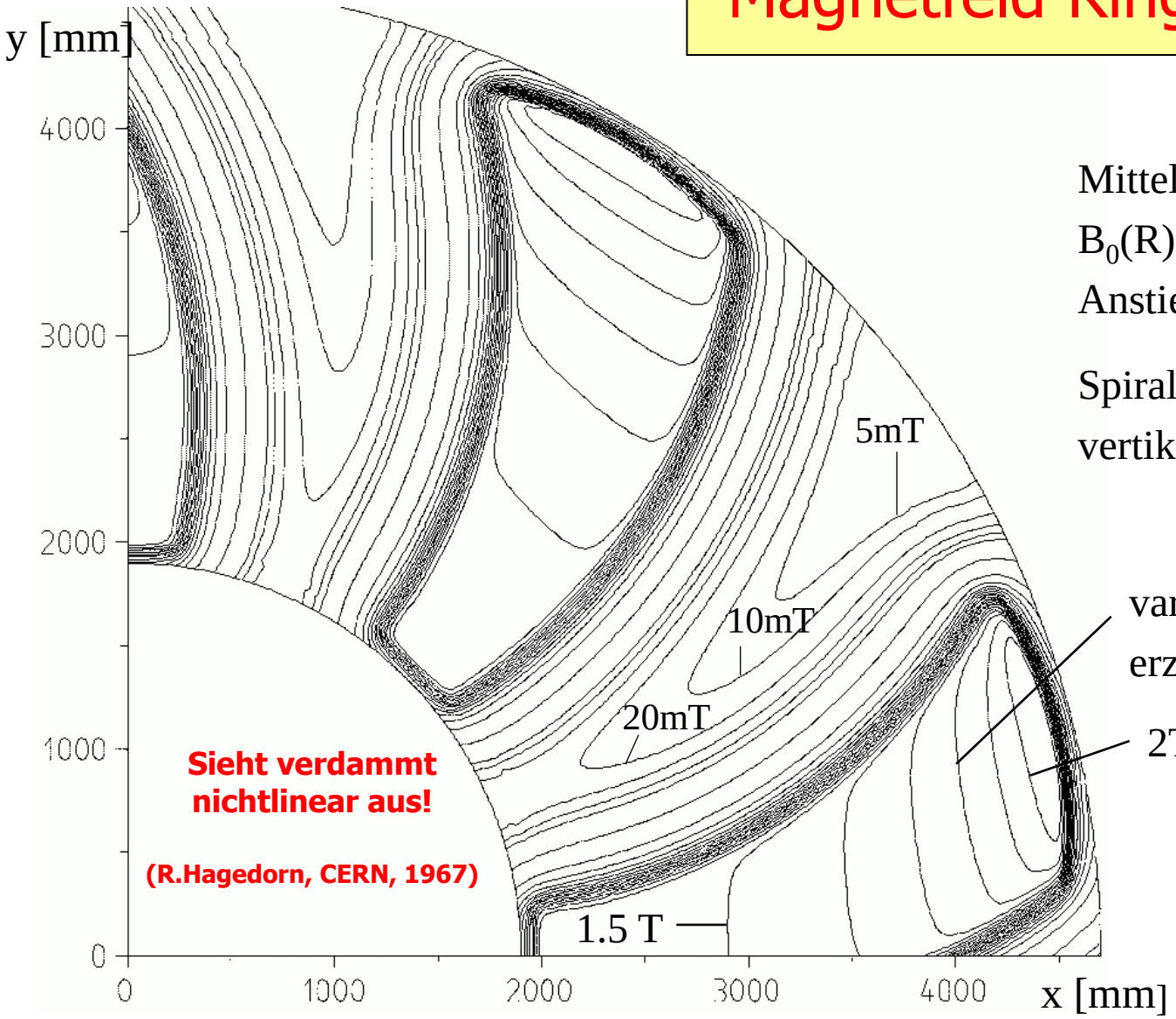
4 Kavitäten, 500 kV

100μA (1976)

Hans Willax ,

Jean-Pierre Blaser

Magnetfeld Ringzyklotron



Mittelwert des Feldes:

$B_0(R) \sim \gamma$

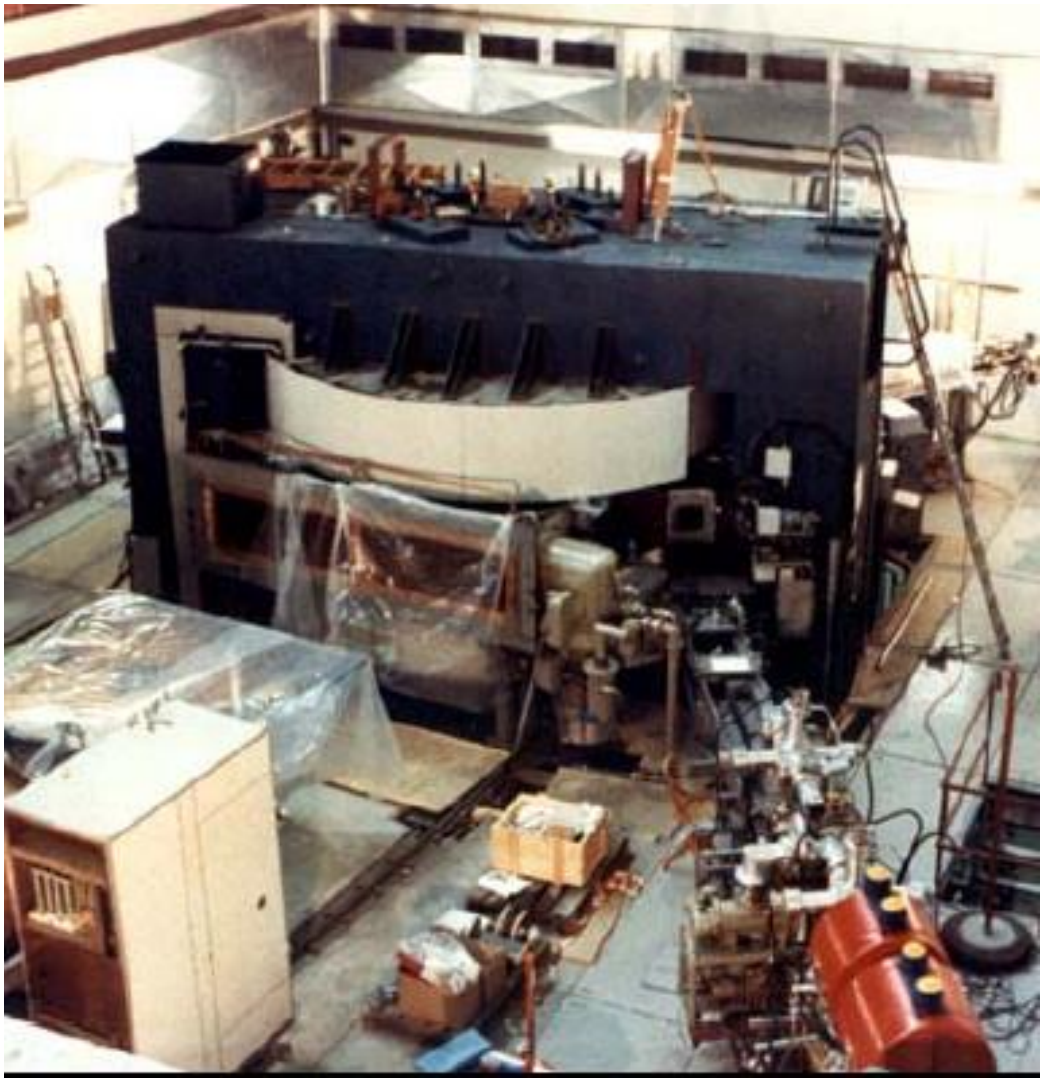
Anstieg 55% von 72-590 MeV

Spiralform gibt starke vertikale Fokussierung

variabler Magnetspalt erzeugt Feldanstieg

2T

Injektor I Zyklotron



Philips (1973-2011)

72 MeV Protons:

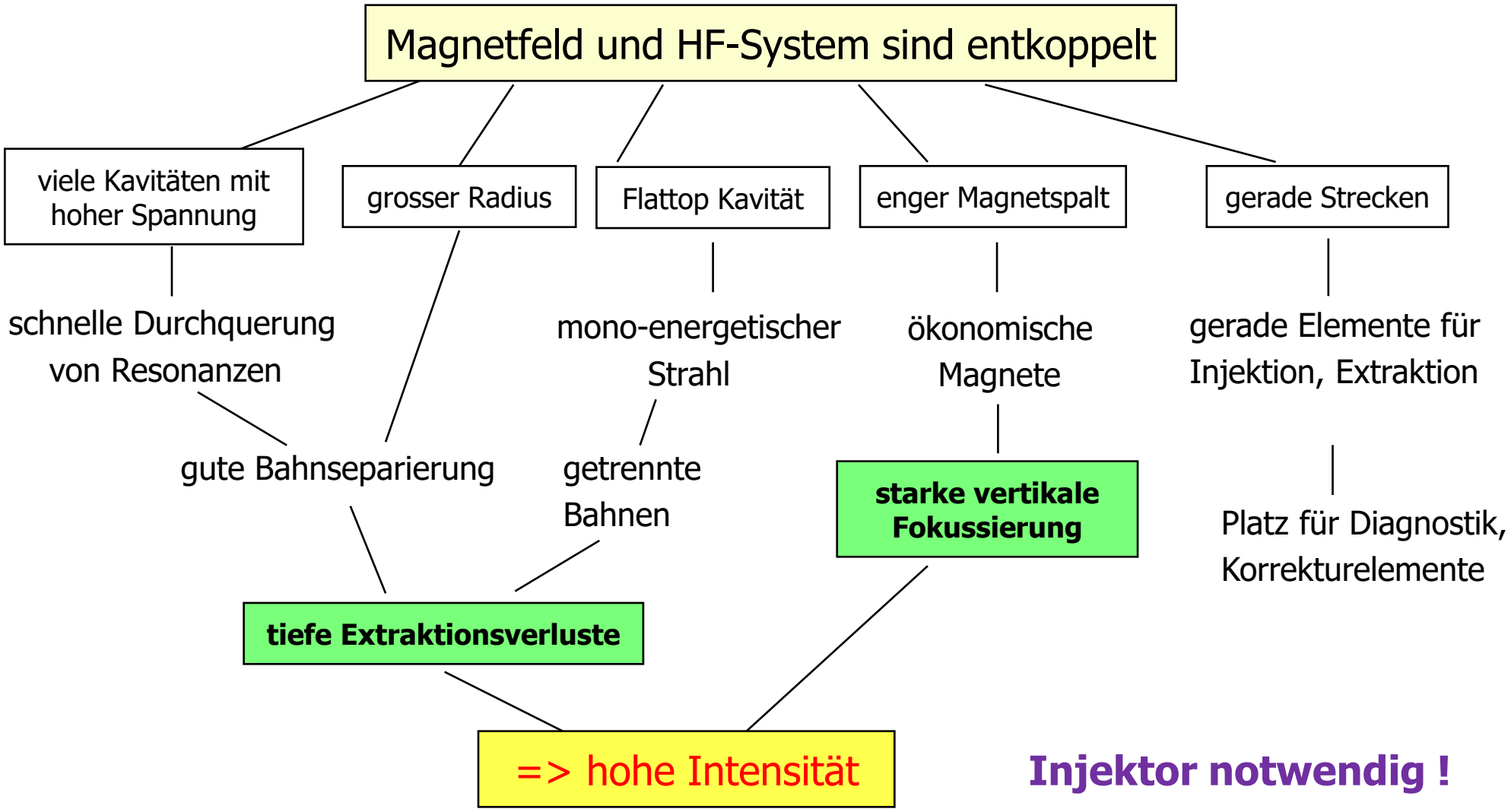
Rekord 200 μA
(Th.Stammbach)

Leichte Ionen für Kernphysik

polarisierte Protonen: 10 μA

Bestrahlung Augentumore

Vorteile des Ring Zyklotrons
(Hans Willax 1963)



Das PSI Ring-Zyklotron

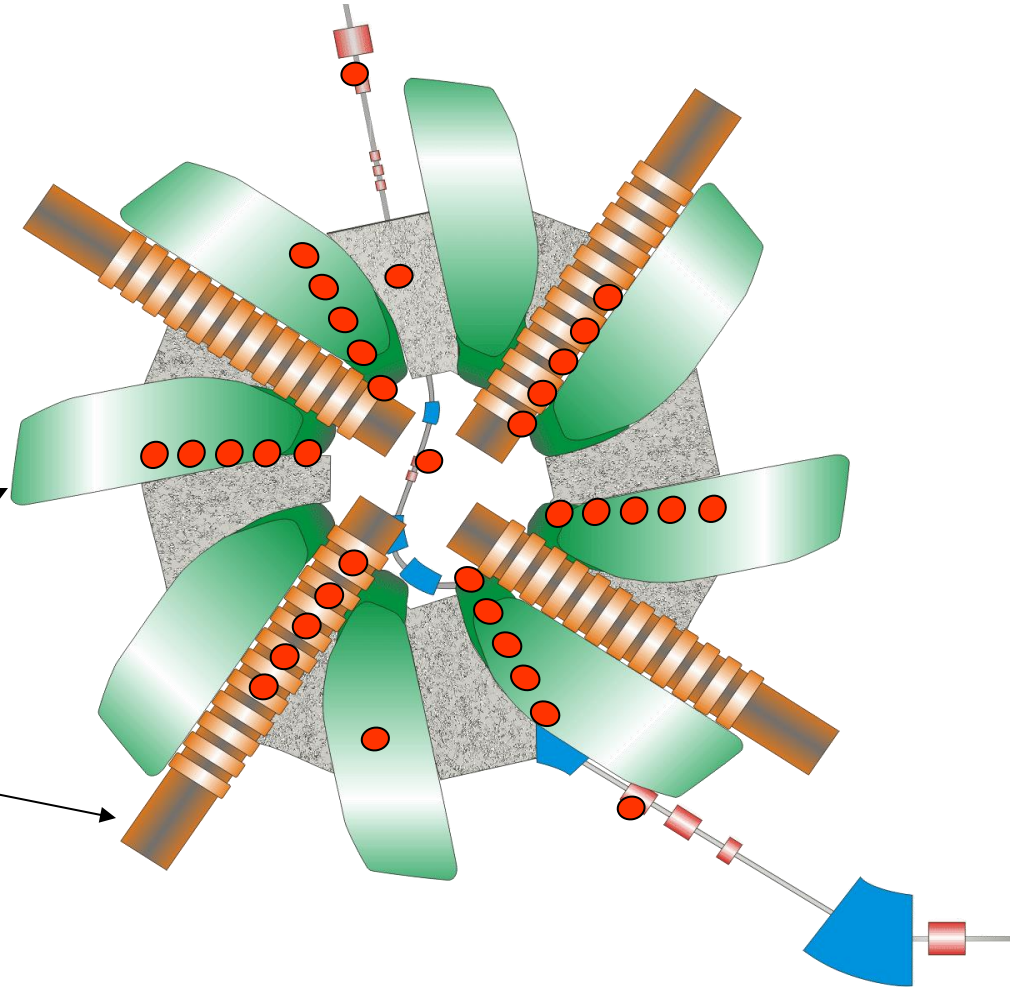
gleichzeitige Injektion und

Extraktion gibt kontinuierlichen

Strahl => hoher mittlerer Strom

8 Sektormagnete

4 Beschleunigungsstrecken



Das SIN wird Realität !

1966 bewilligte das Parlament 92.5 Mio Fr.

für die Gründung des SIN in Villigen:

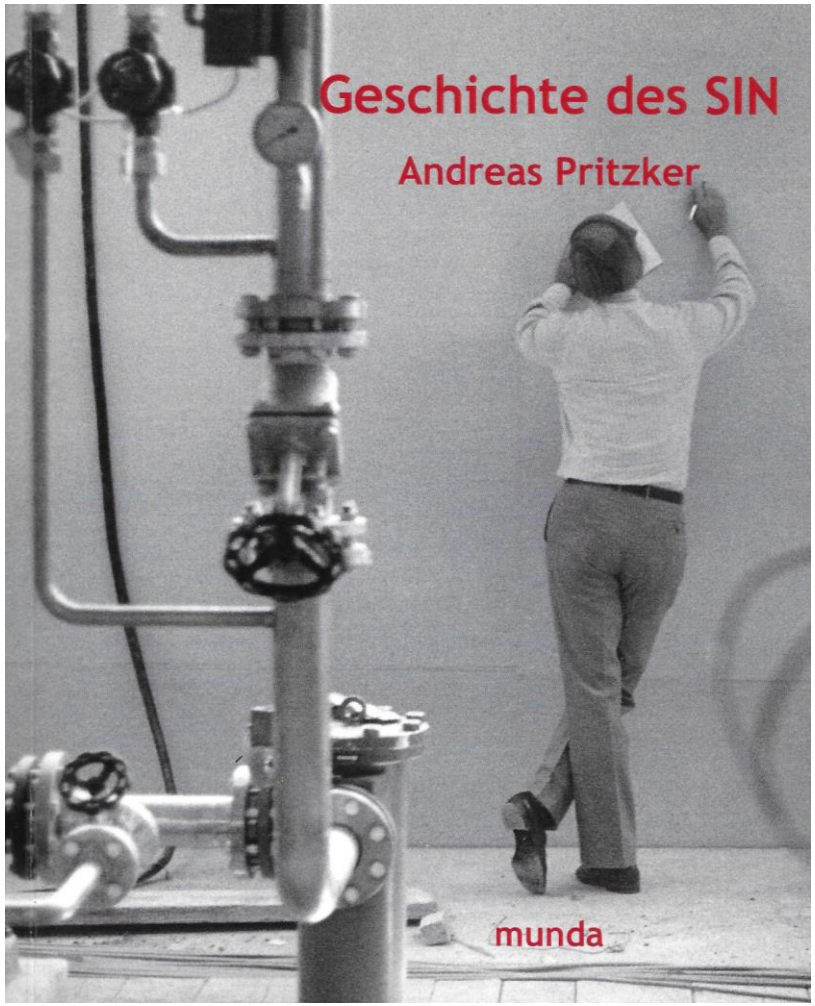
Schweizerisches Insitut für Nuklearforschung

Realisation des SIN dank Unterstützung

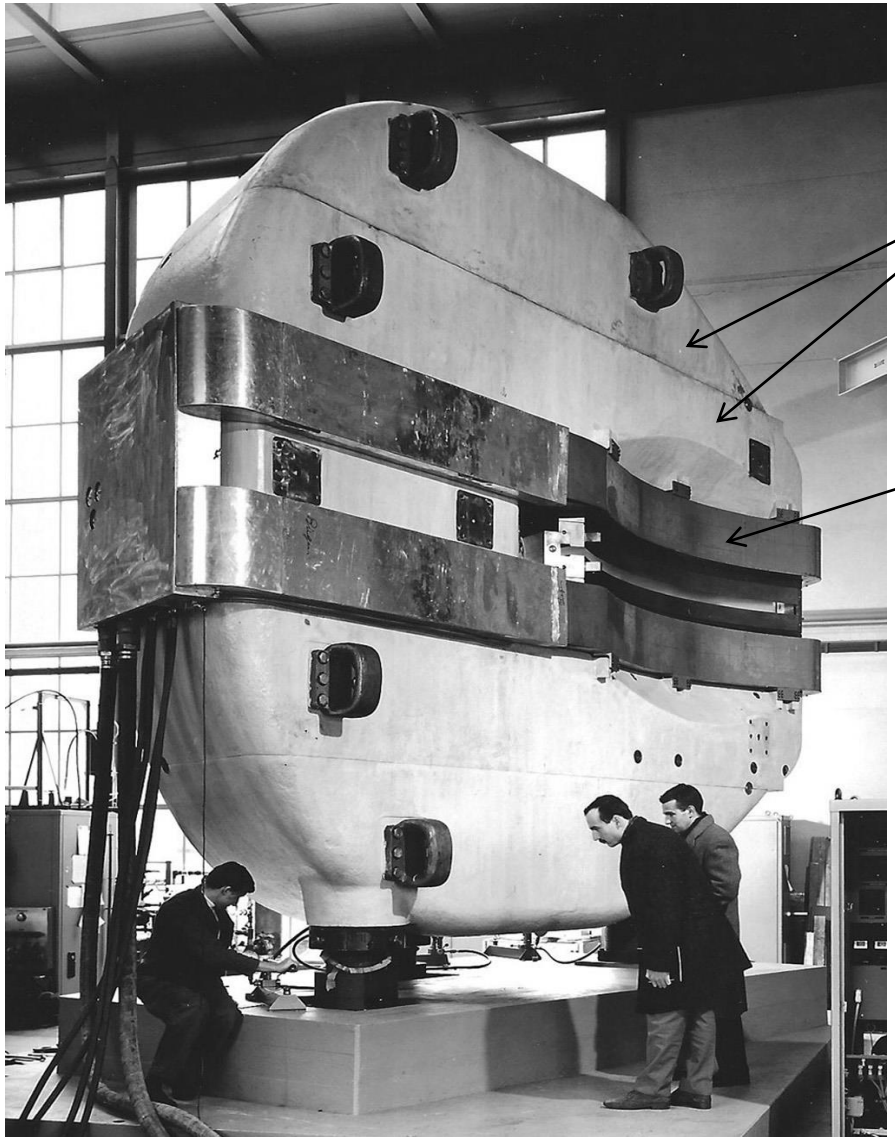
durch Schulratspräsident Hans Pallmann

und Bundesrat Hans-Peter Tschudi

trotz starkem Widerstand (Universitäten !)



1. Sektormagnet 250 Tonnen MFO Oerlikon, 1972



Jochteile

je 50 Tonnen

Polpaket mit Magnetspalt

und Spulen, 50 Tonnen

Bearbeitung des Magnetpols

bei BBC Birrfeld

Courtesy
A.Pritzker

Ringzyklotron September 1973

1 Hans Willax

2 Miguel Olivo

3 Thomas Stammbach

4 Werner Joho

5 Christa Markovits

590 MeV Protonen auf Mesonentarget 24.2.1974

Richard Reimann

Manfred Daum

Thomas Stammbach

Werner Joho

Paul Rudolf

Hans Willax

Urs Schryber

Jean-Pierre Blaser

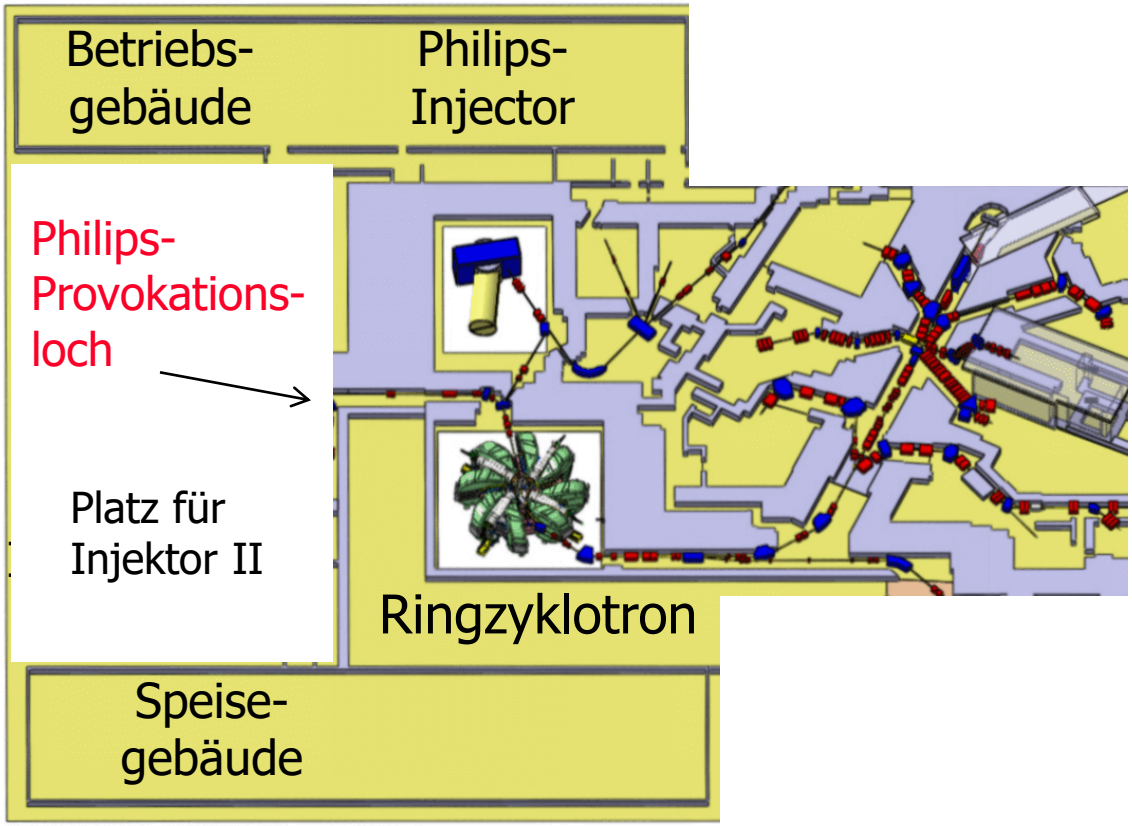
Francesco Resmini

Experimentierhalle original

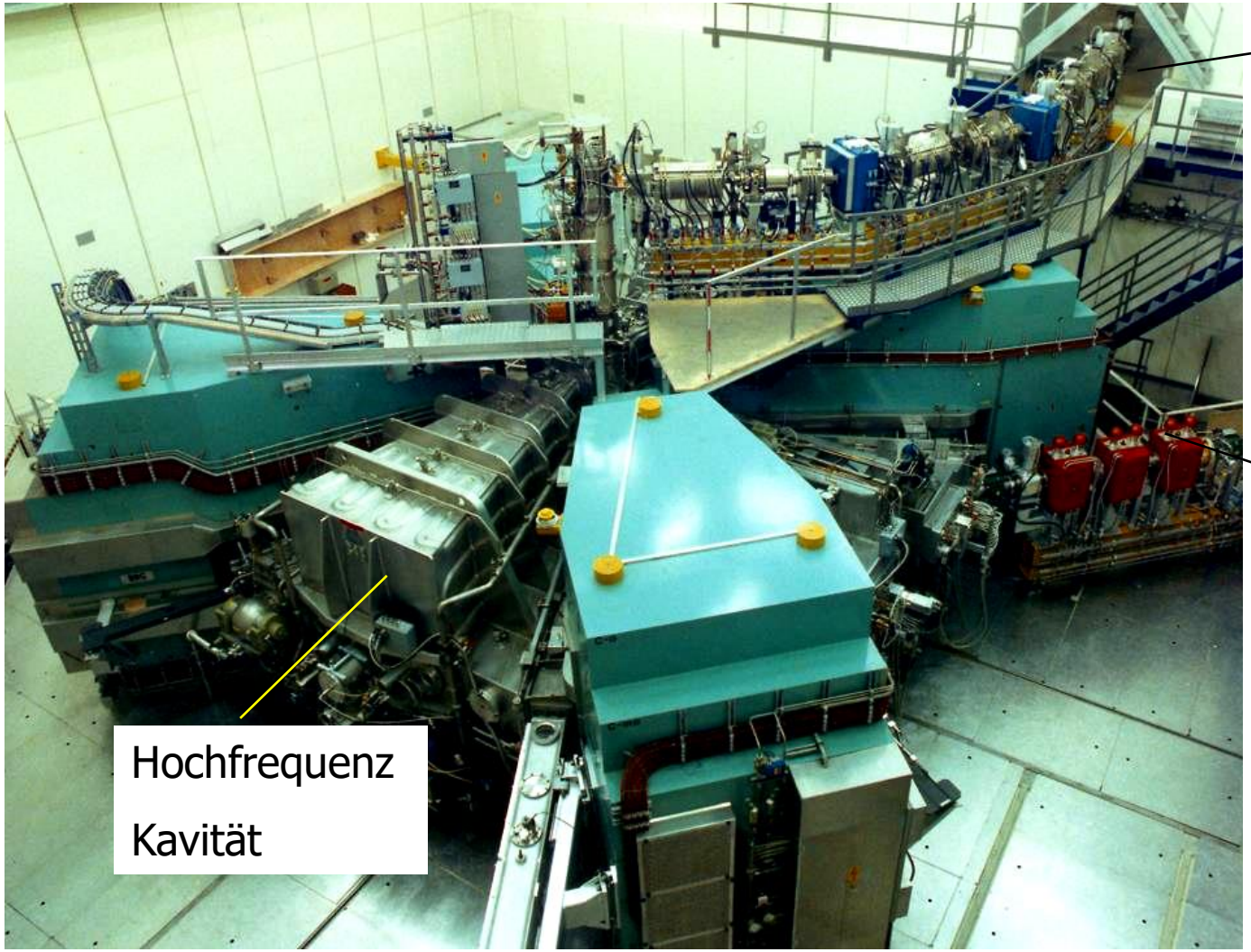
Ringzyklotron hat höheres Strompotential als der Injektor von Philips

=> **Projekt für Injektor II**

2 Jahre vor Inbetriebnahme des Rings !!



Injektor II 72MeV



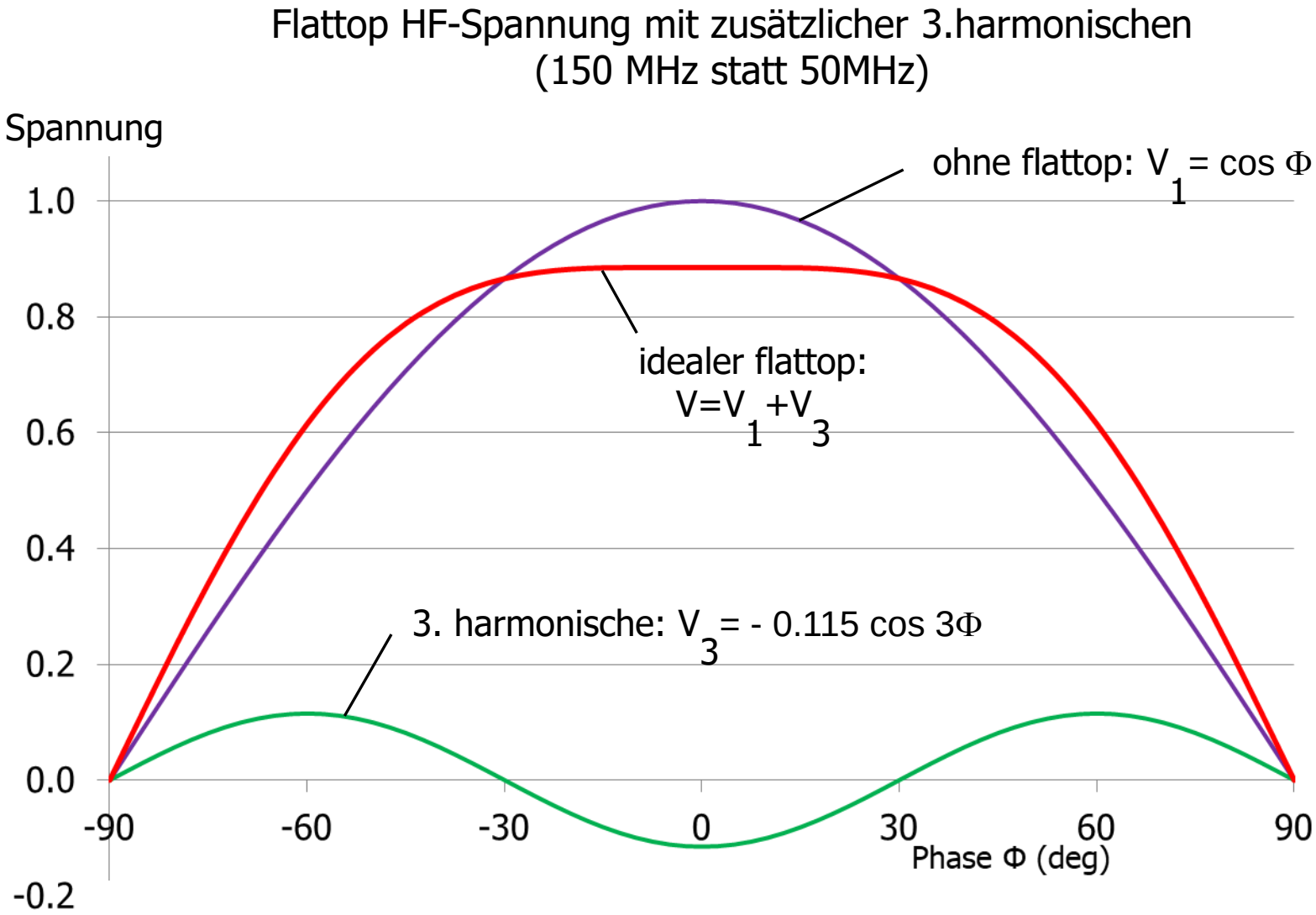
Injektionslinie

870 keV

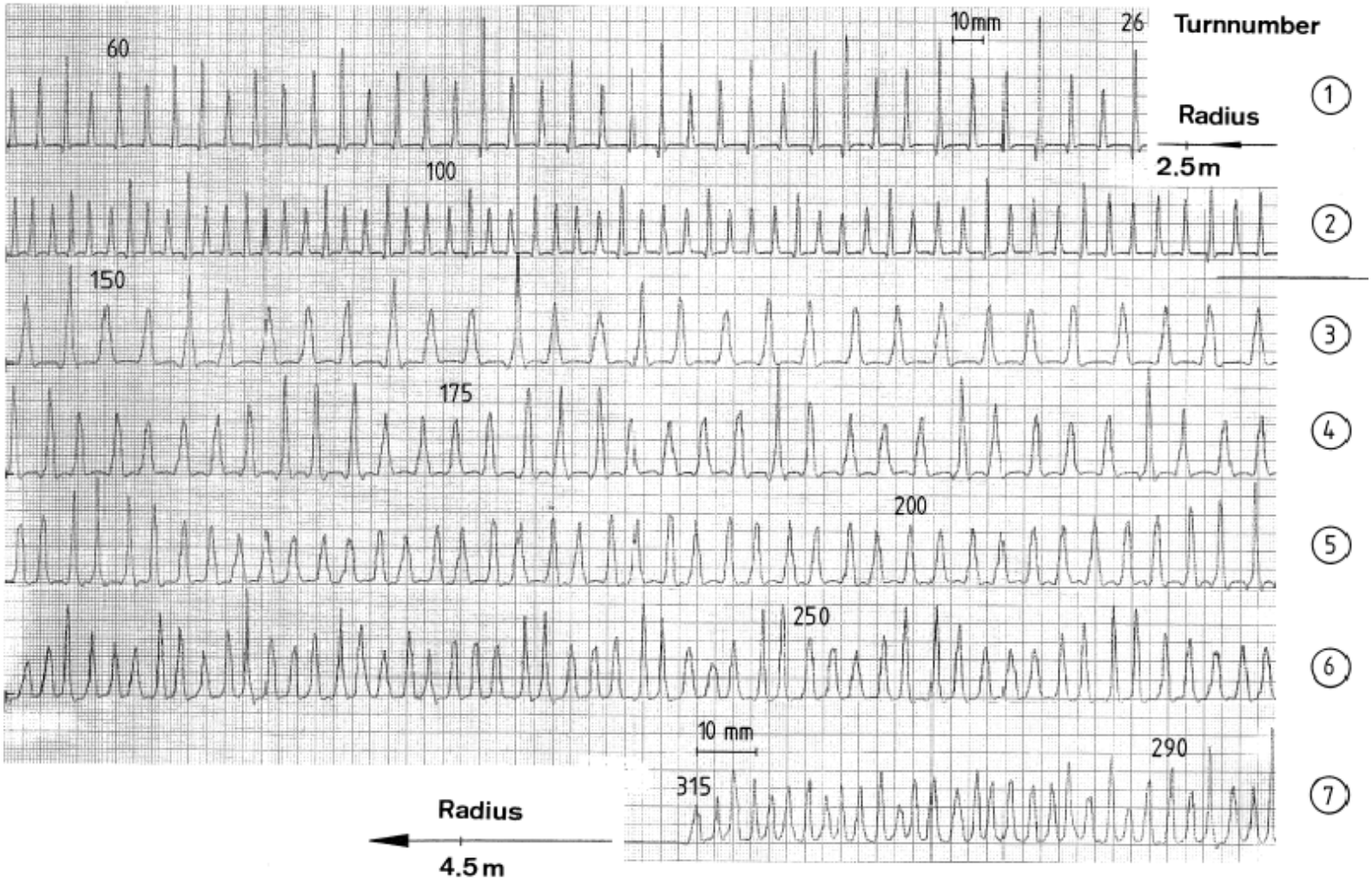
Extraktion nach nur
85 Umläufen !

Durchmesser 11m

Flattop Spannung gibt minimale Energie Unschärfe und getrennte Bahnen



Ring Zyklotron (1980)
getrennte Bahnen dank Flattop Kavität



3.12.80 6³⁰ B. Joho

Limite des Strahlstroms

Stromlimite nimmt dramatisch zu

mit der Spannung **V** der HF-Kavität

Stromlimite ~ V^3 !

W.Joho, 9th Int. Cyclotron conference CAEN (1981)

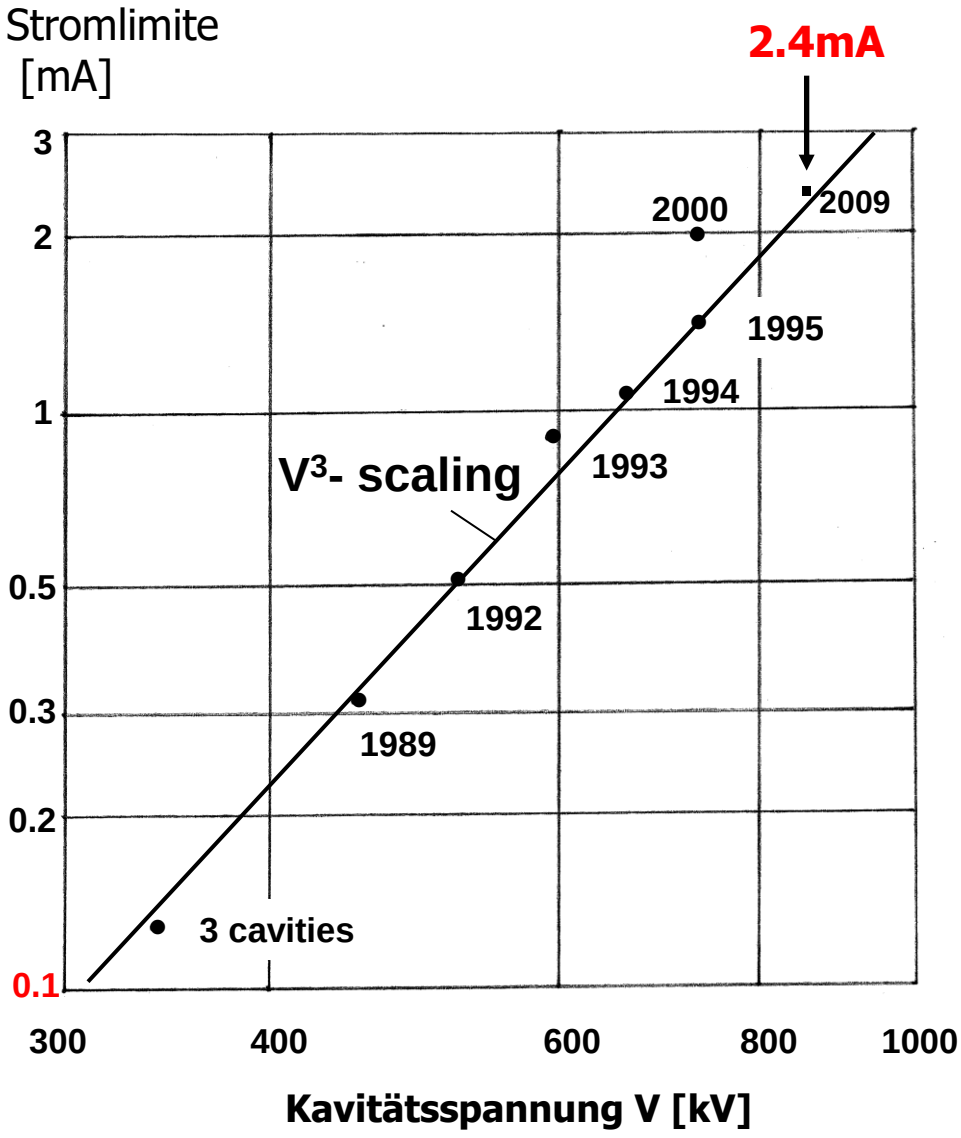
=> **Hochstrom Ausbau** (U.Schryber)

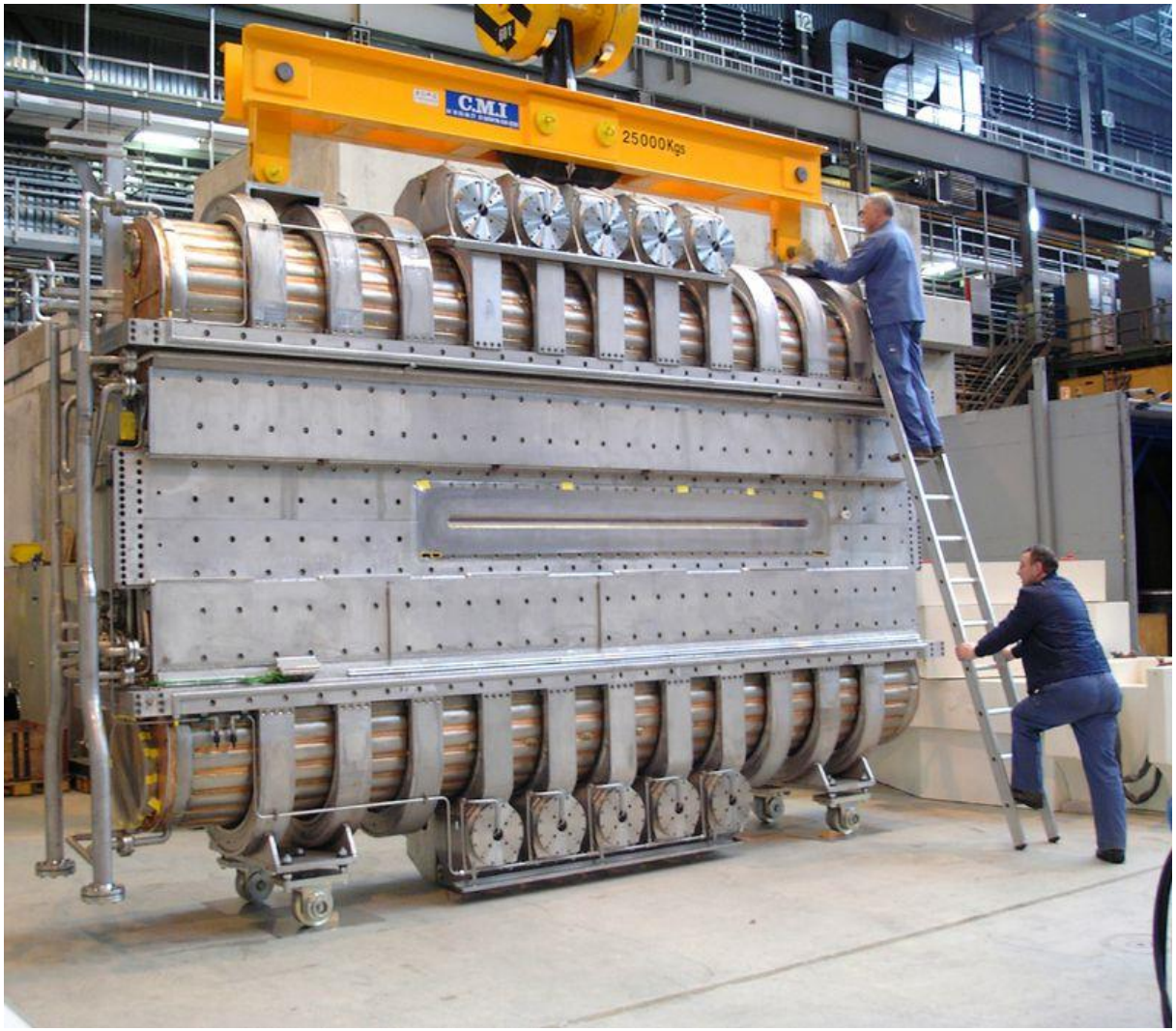
4 neue Kupfer Kavitäten: 1 MV möglich

Verstärkung der HF-Sender (P.Lanz, P.Sigg)

1990: Ersatz der Targets für Mesonen

=> Neutronenquelle SINQ !!





Kupferkavität im Ringzyklotron

50 MHz Hochfrequenz

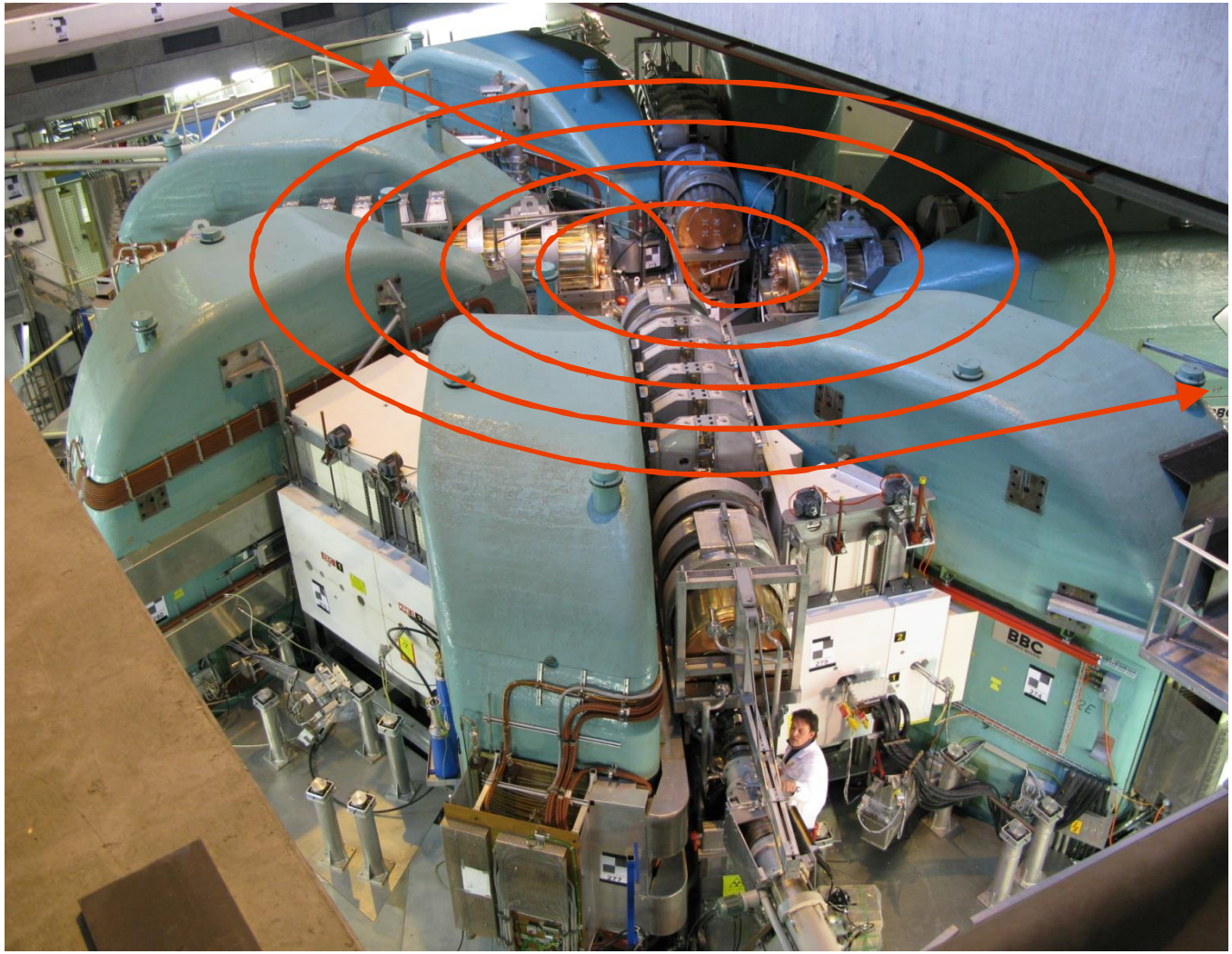
1 MV Spitzenspannung

HF-Leistung: 500kW

(2/3 gehen in den Strahl)

Ringzyklotron

4 neue Kavitäten 2008



590 MeV Protonen

4 Kavitäten à 900 kV

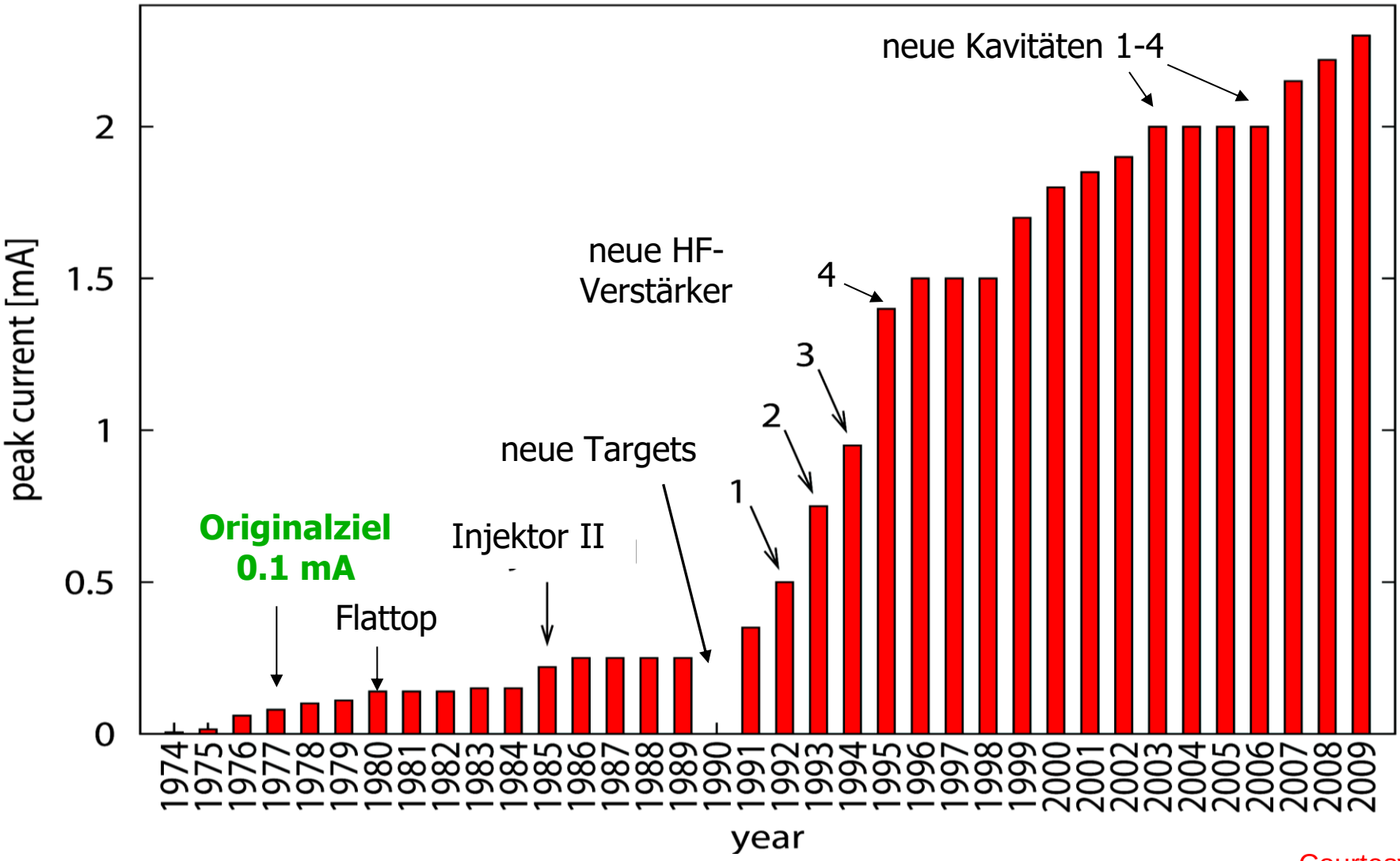
Extraktionsverluste 0.02 %

2.4 mA gibt 1.4 MW Strahlleistung

(Weltrekord!)

Hochstromausbau Ringzyklotron

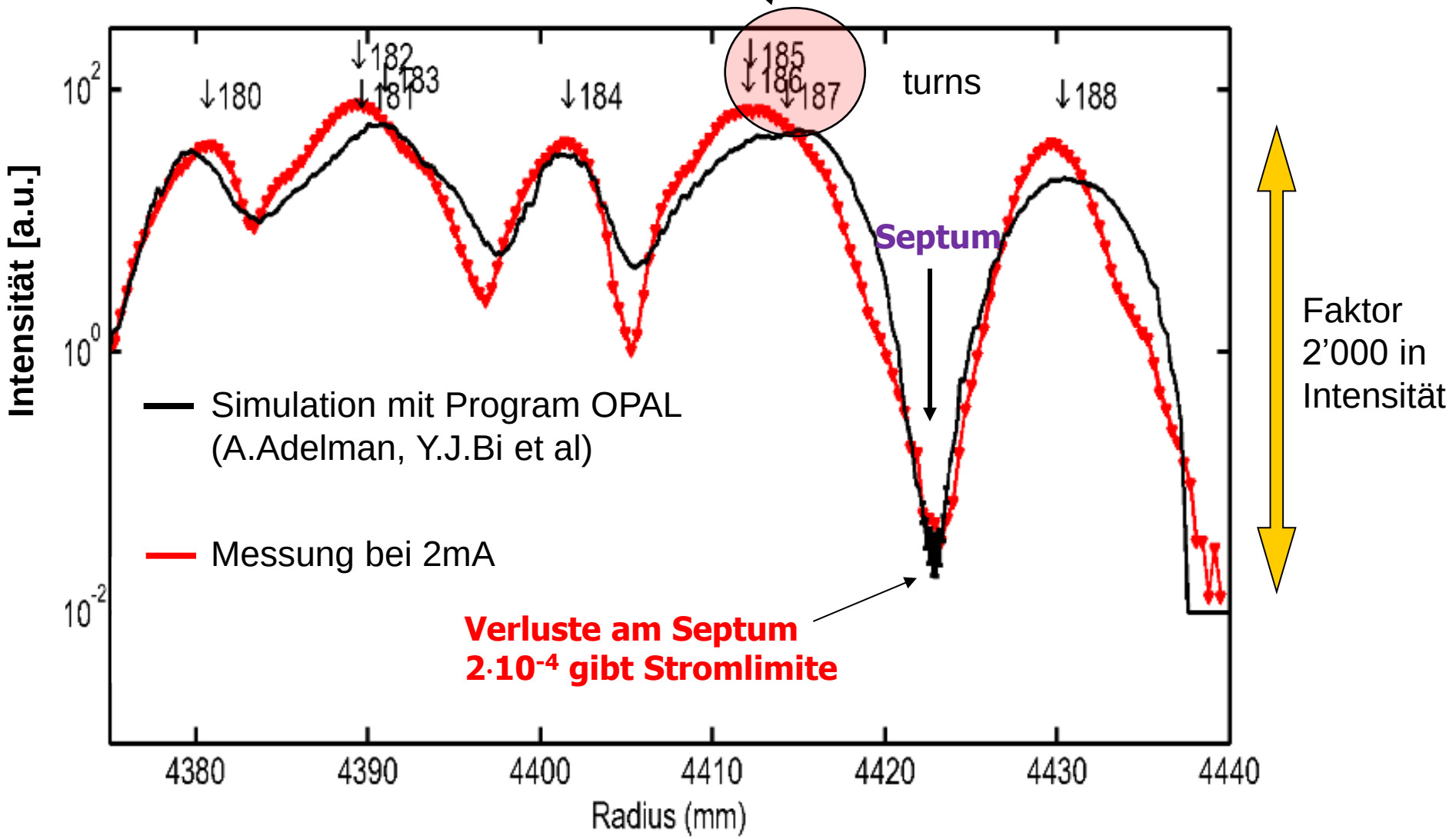
0.1 auf 2.4 mA => ermöglicht Neutronenquelle

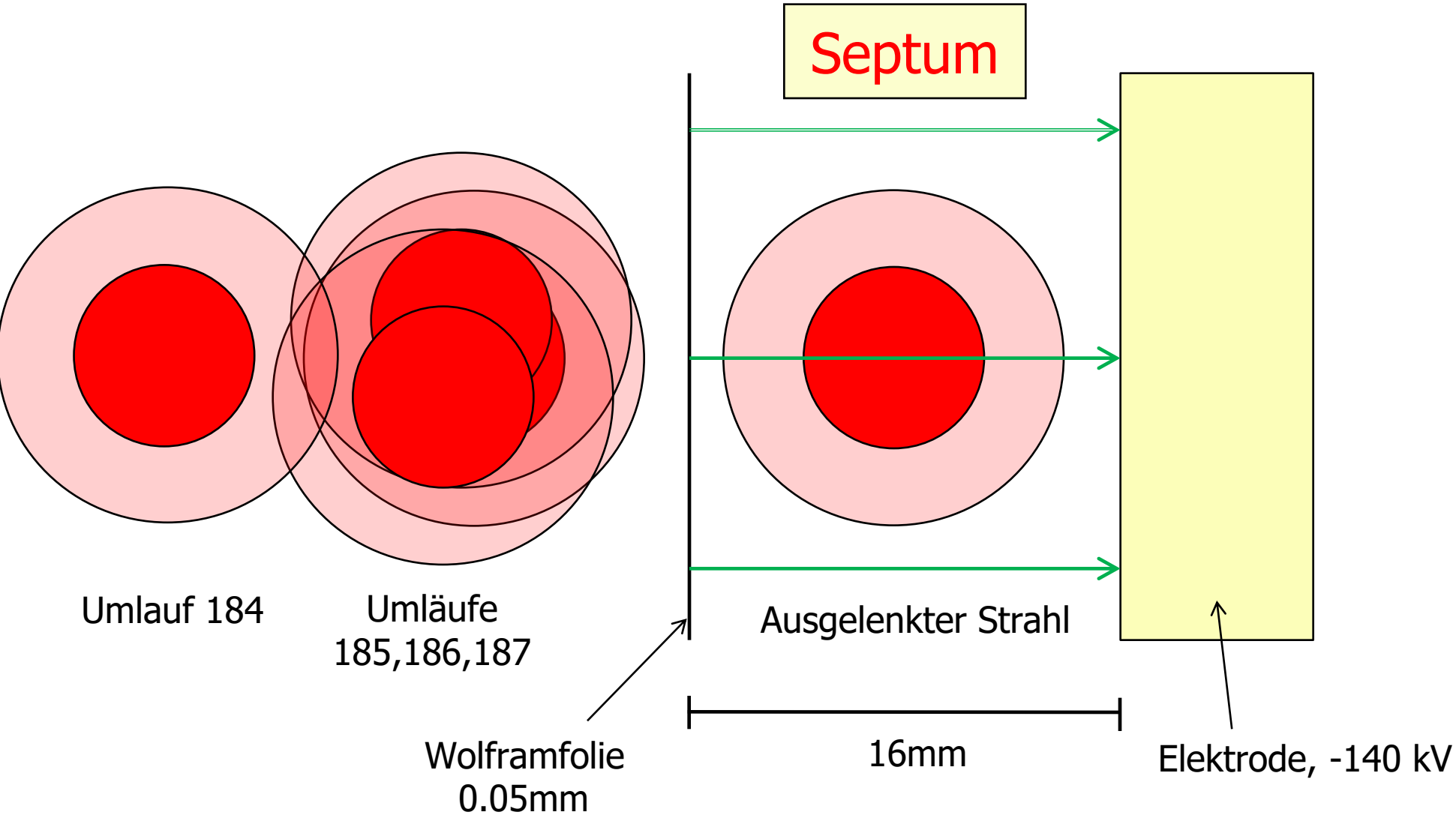


Courtesy M.Seidel

Ringzyklotron die letzten 9 von 188 Umläufen

exzentrischer Einschuss => "Winkelried" bei der Extraktion!

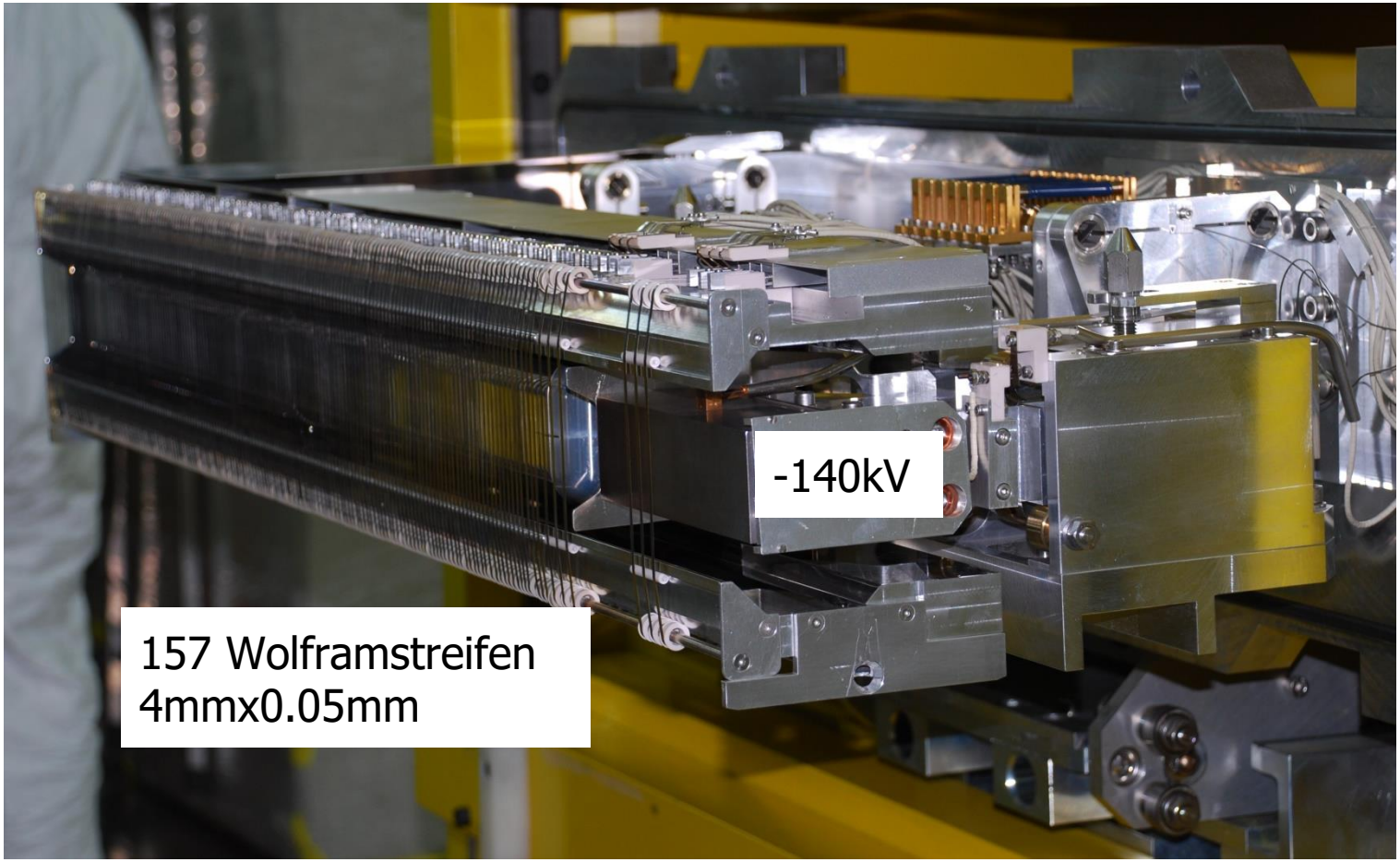




Strahlleistung von 1.4 MW

schmilzt 2kg Gold in 0.1s !

Extraktions-septum (M.Olivo)



Präzisions-schüsse, eine Schweizer Tradition

links und höher !

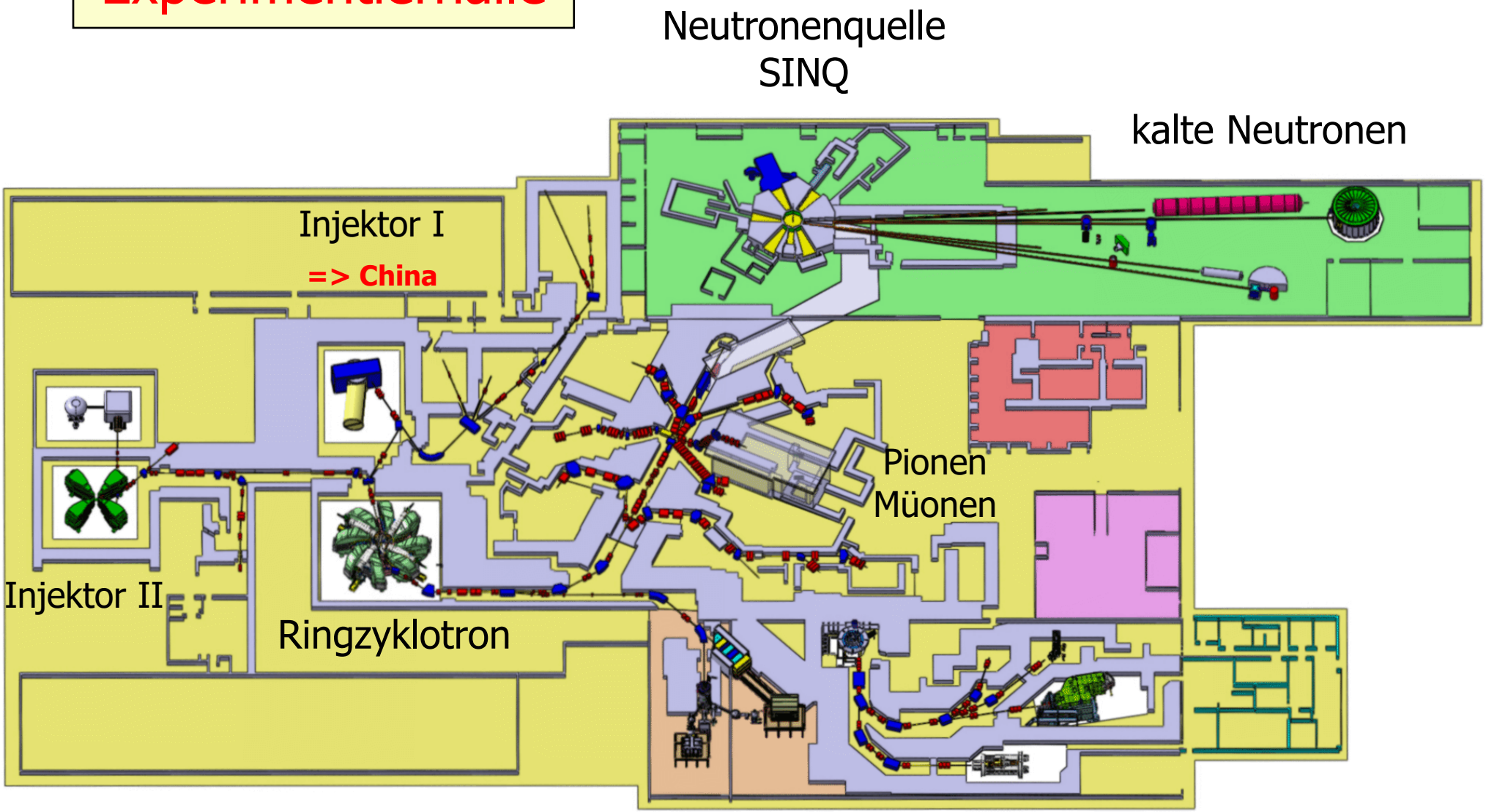
Warum wurde das Originalziel beim Ringzyklotron so dramatisch übertroffen (2.4 mA statt 0.1 mA?)

- **geniales Konzept von Hans Willax**
- **neuer Injektor II nach gleichem Prinzip**
- **Hochfrequenz System mit hoher Spannung und Leistung**
- Flattop Kavität ermöglicht sauber getrennte Bahnen
- exzentrischer Einschuss gibt optimale Extraktion à la "Winkelried"

ebenso wichtig: **toller Teamgeist dank**

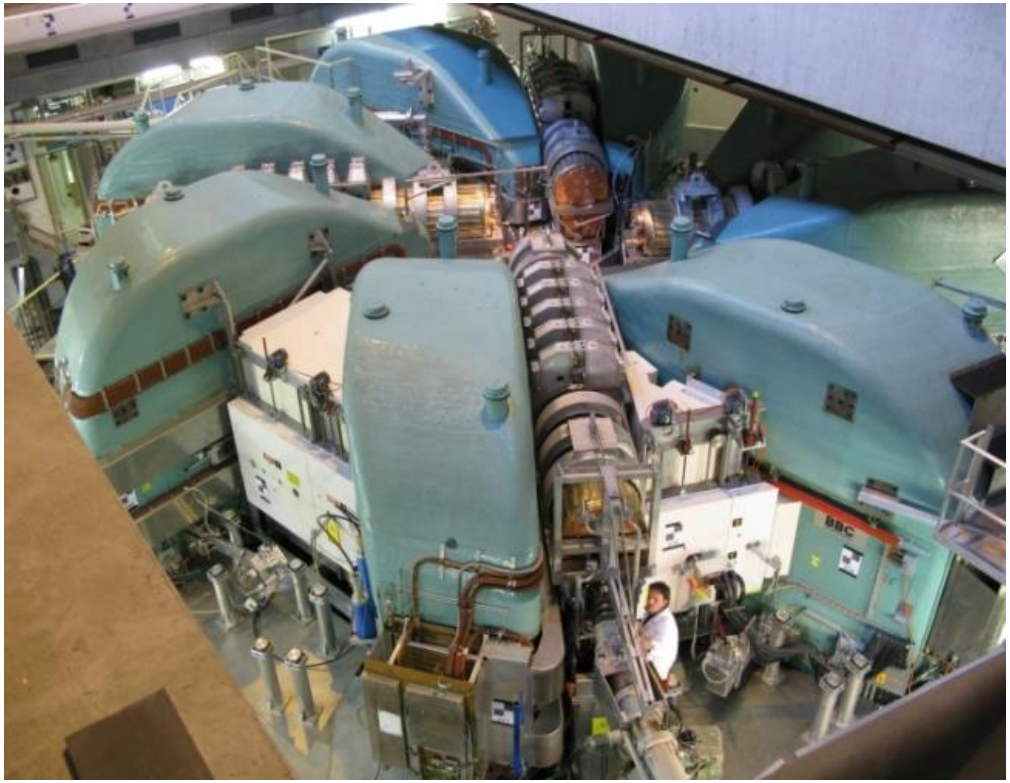
Jean-Pierre Blaser und Hans Willax (später Urs Schryber)

Experimentierhalle



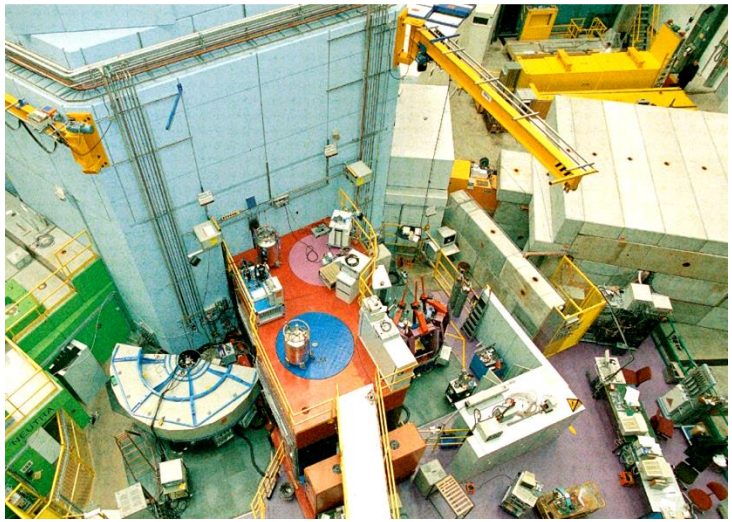
das Erbe von J.P.Blaser

Ring-Zyklotron



Nachfolgeprojekte

Strahlentherapie



Neutronenquelle SINQ

das PSI hat weitere Top-Beschleuniger!

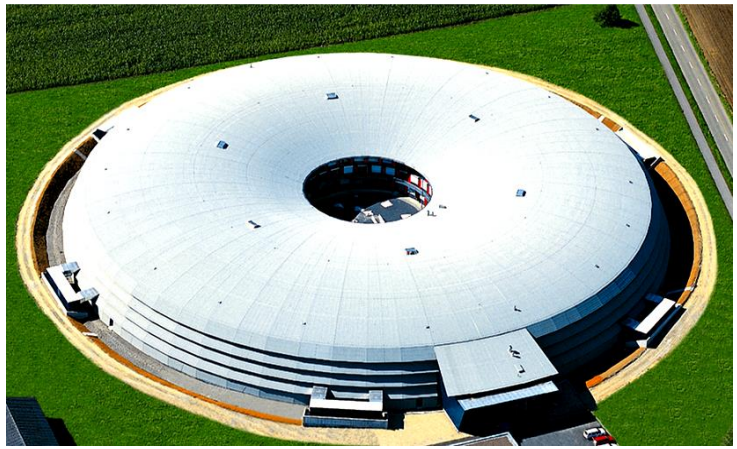
Dank der visionären Vorarbeit von J.P.Blaser

konnten seine Nachfolger

W.Hirt, M.Eberle, R.Eichler, J.Mesot

weiterhin eine Spitzenforschung am PSI

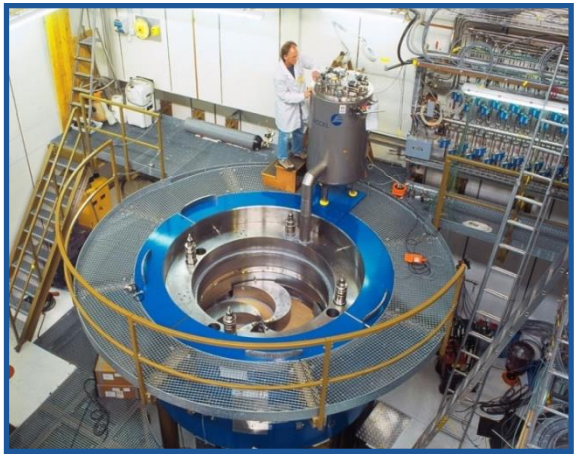
ermöglichen und neue Projekte initialisieren

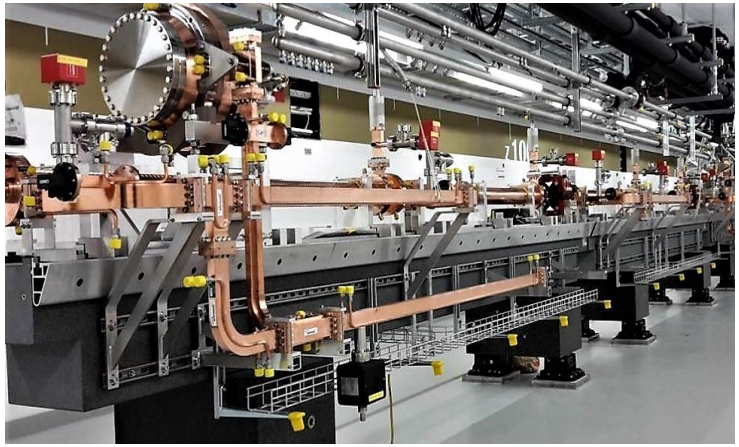


SLS

COMET-Zyklotron

(Protonentherapie)





SwissFEL

Werbespot für das PSI:
4 Sonden für Materialforschung

- Neutronen (Ringzyklotron, SINQ)
- Müonen (Ringzyklotron, μSR)
- Synchrotronlicht (SLS)
- Röntgenblitze (SwissFEL)

=> diese Kombination von Top-anlagen

ist einzigartig auf der Welt !

Jean-Pierre Blaser

- **Visionär**
- kritisches Hinterfragen
- hartnäckig, resistent gegen Attacken
- **entscheidungsfreudig in physikalischen und technischen Fragen dank Intuition und exzellentem Fachwissen**
- **volles Vertrauen in junge Mitarbeiter**

Herzlichen Dank
Jean-Pierre für
dieses Wunder !