



# MedAustron

## Das Österreichische Ionentherapie- und Forschungszentrum



**2. Februar 2018**

Dr. Michael Benedikt, CERN



# Inhalt

- **Radiotherapie mit Protonen und Ionen**
- **MedAustron Hauptparameter und Anlagenueberblick**
- **Projektstatus**

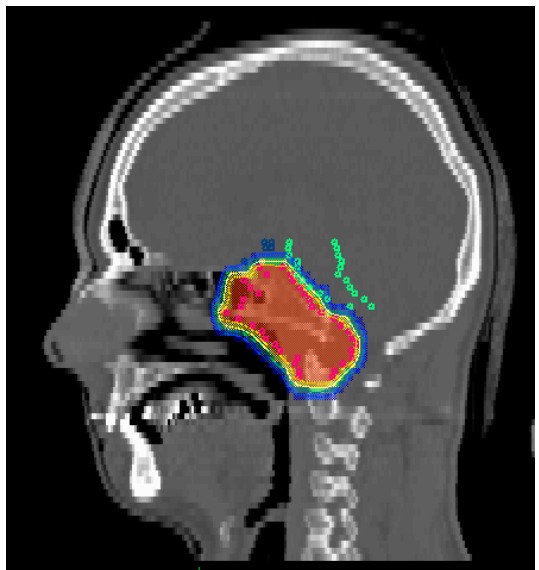
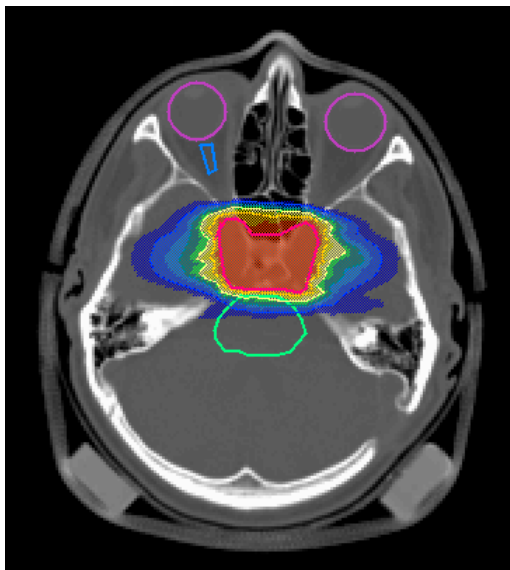
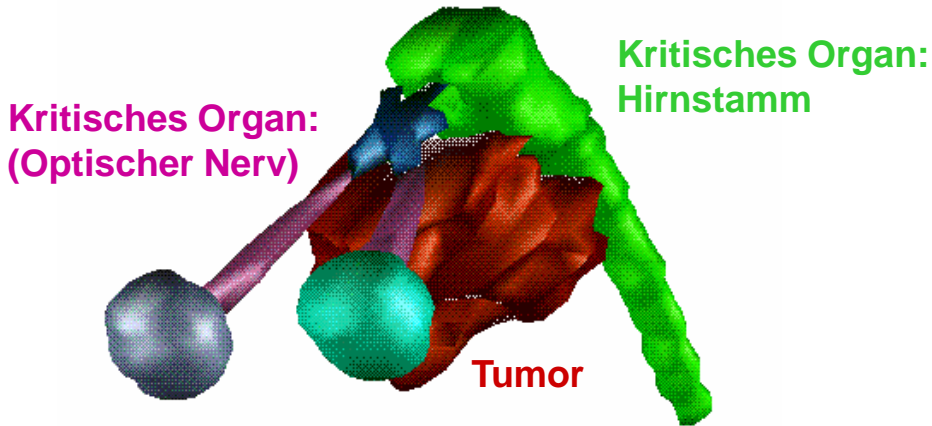
# Radiotherapie

- **Ziel**

- Abgabe einer hohen Strahlendosis ans Zielvolumen, um Tumorzellen abzutöten.
- Schonung des gesunden Gewebes und kritischer Organe.
- Dosisverteilung an den Tumor angepaßt.

- **Strahlenarten**

- Konventionelle Therapie: Photonen, Elektronen
- Hadrontherapie: Protonen, leichte Ionen

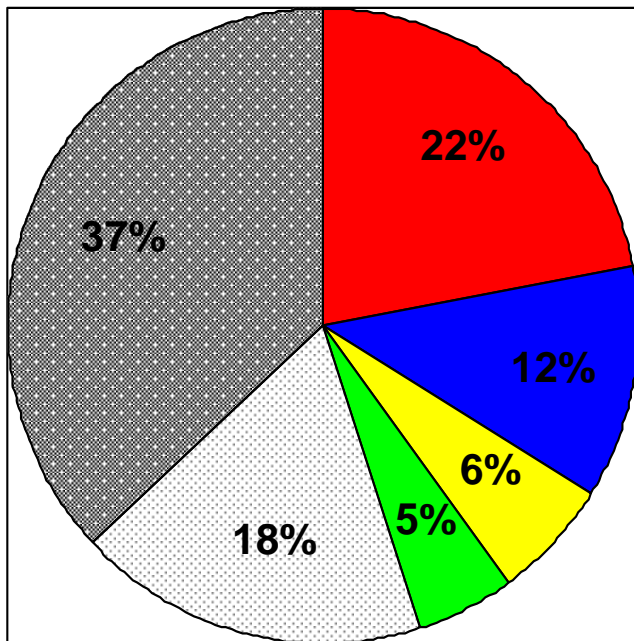


Courtesy GSI



# EU Studie – Tumorbehandlung

- **18% lokal-regional aber nicht heilbar**
- **Verbesserungen:**
  - Bessere Ergebnisse bei lokal-regionaler Erkrankung, um Heilungsrate zu erhöhen.
- **60-65% Heilungsrate**
  - Bei 100% Erfolg bei lokal regionalen Fällen.
- **Hauptprobleme:**
  - Operation: anatomische Verhältnisse (nicht operabel).
  - Strahlentherapie: Strahlenresistenz, Nähe zu kritischen Organen.
- **Therapie mit Protonen und Ionen als möglicher Lösungsansatz**
  - Ermöglicht präzisere und besser lokalisierte Dosisverteilungen.

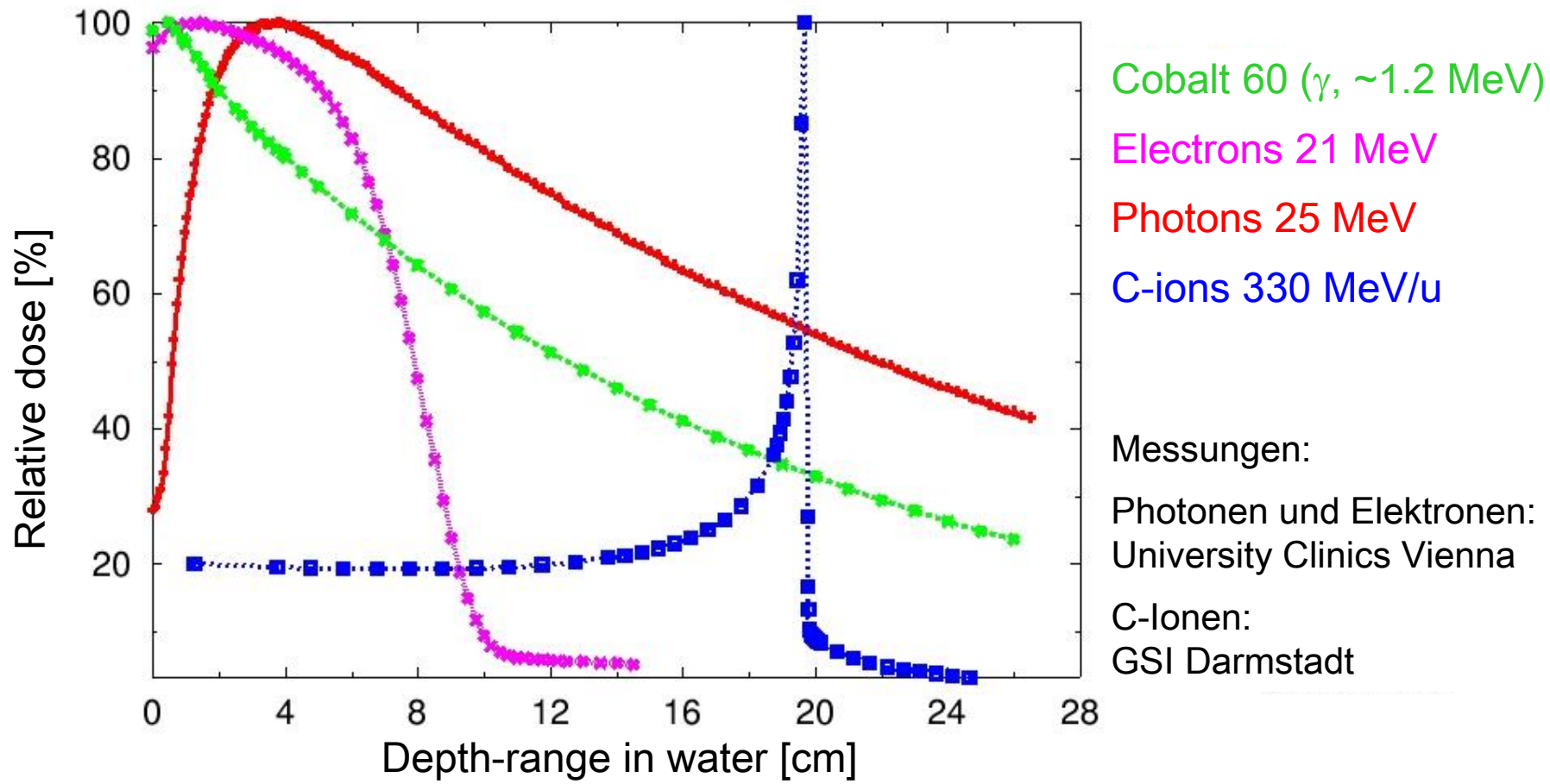


- **Surgery**
- **Radio therapy**
- **SU + RT combined**
- **Other (chemo)**
- **No cure loco-regional**
- **No cure non regional**



# Tiefendosiskurven – “Bragg-Spitze”

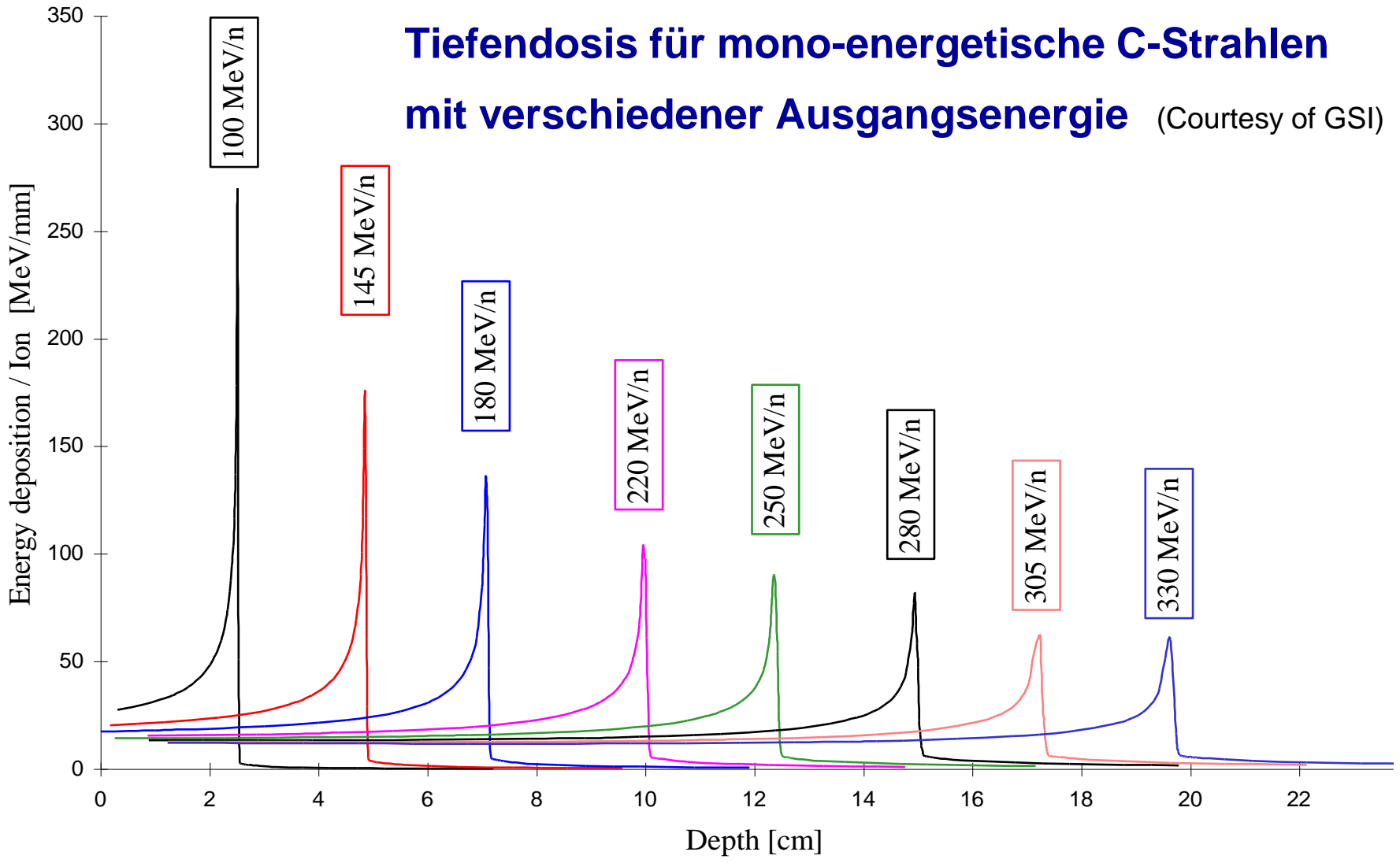
Messungen im Wasserphantom (~gewebeäquivalent)





# “Bragg-Spitze” - Energieabhängigkeit

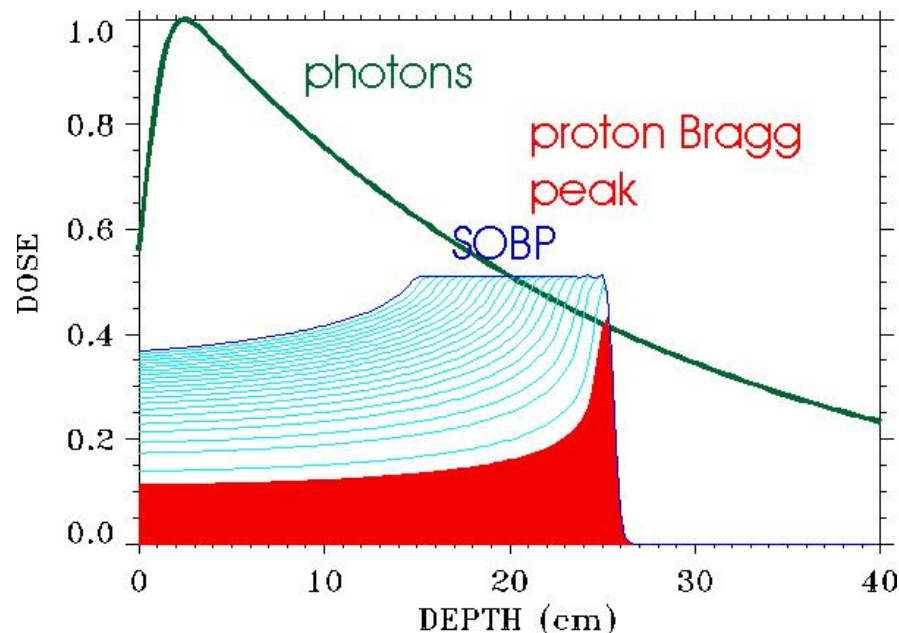
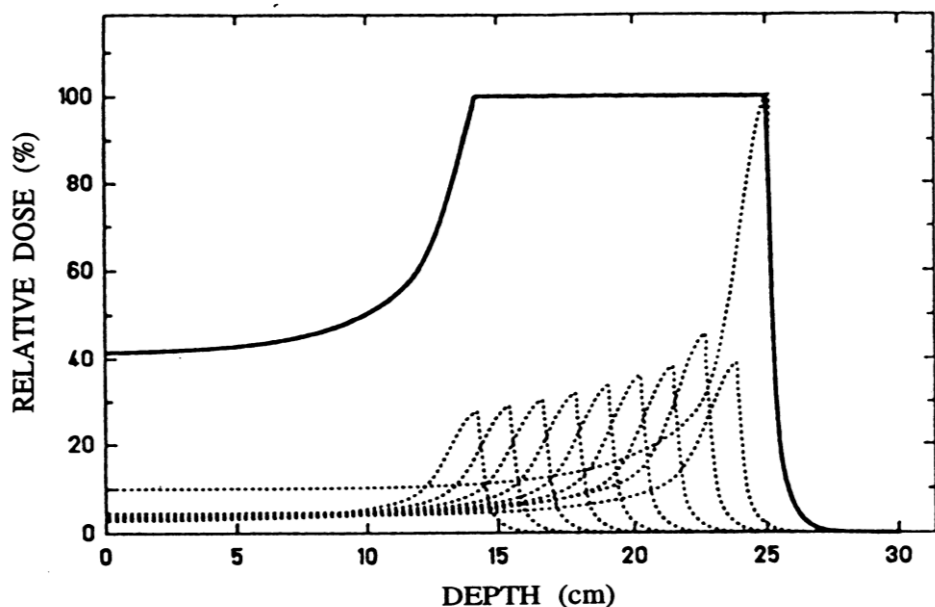
Tiefendosis für mono-energetische C-Strahlen mit verschiedener Ausgangsenergie (Courtesy of GSI)





# Aufgeweitete “Bragg-Spitze”

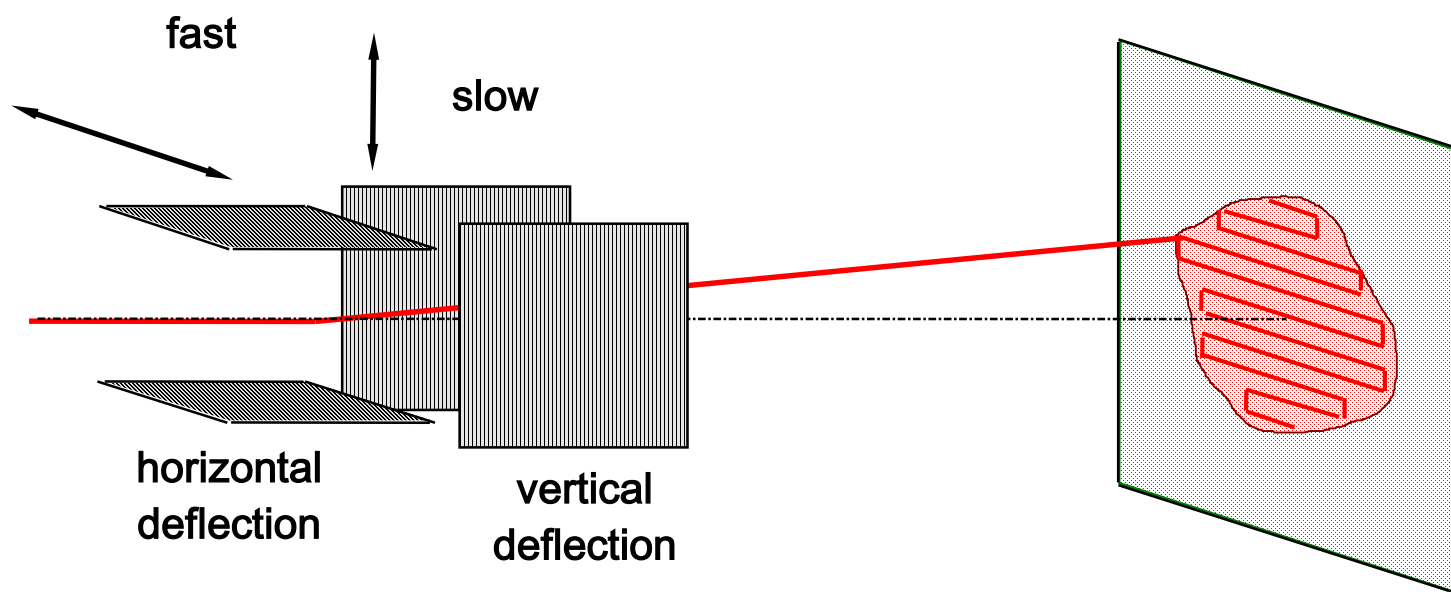
- **“Bragg-Spitze” muss “aufgeweitet” werden auf gesamte Tumordicke.**
  - Überlappung von Strahlen mit verschiedener Energie.
  - Aktive Energievariation (Synchrotron) oder passive (Zyklotron).



- **Strahl muss auch gesamten Tumorquerschnitt abdecken**
  - Transversales Abtasten mit kleinem Strahl oder Aufstreuung auf großes Feld.

# Aktives Abtasten (Scanning)

- **Transversales “scanning” mit kleinem Strahl.**
  - Strahlgröße einstellbar im Bereich 4 bis 10 mm.
- **Schnelle magnetische Ablenkung ( $\leq 10\text{m/s}$ ).**



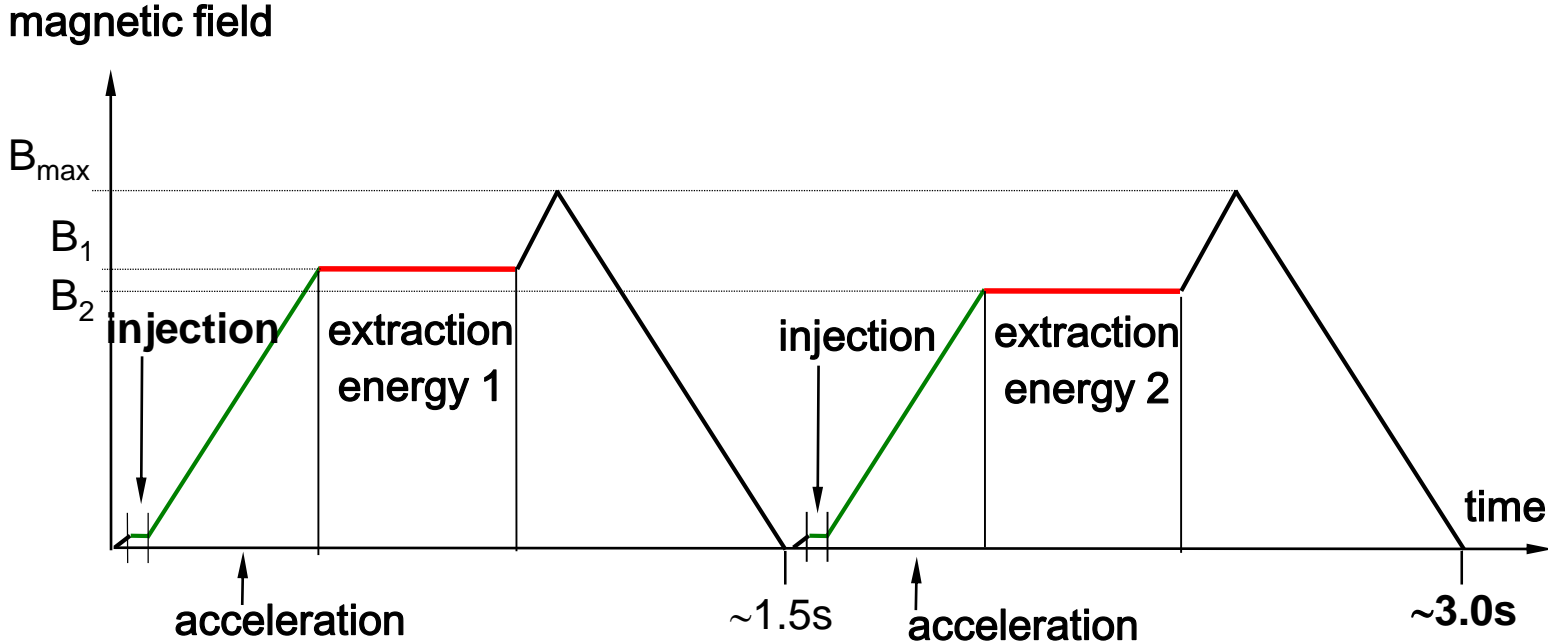
- **Keine Strahlverluste.**
- **Keine patientenspezifischen Anfertigungen (Kostenfaktor).**
  - **Benötigt Zeit ( $\sim 1\text{s}$  pro Schicht) für online-Dosimetrie.**
    - Erfordert langsame Extraktion bei Verwendung eines Synchrotrons.





# Aktive Energieänderung

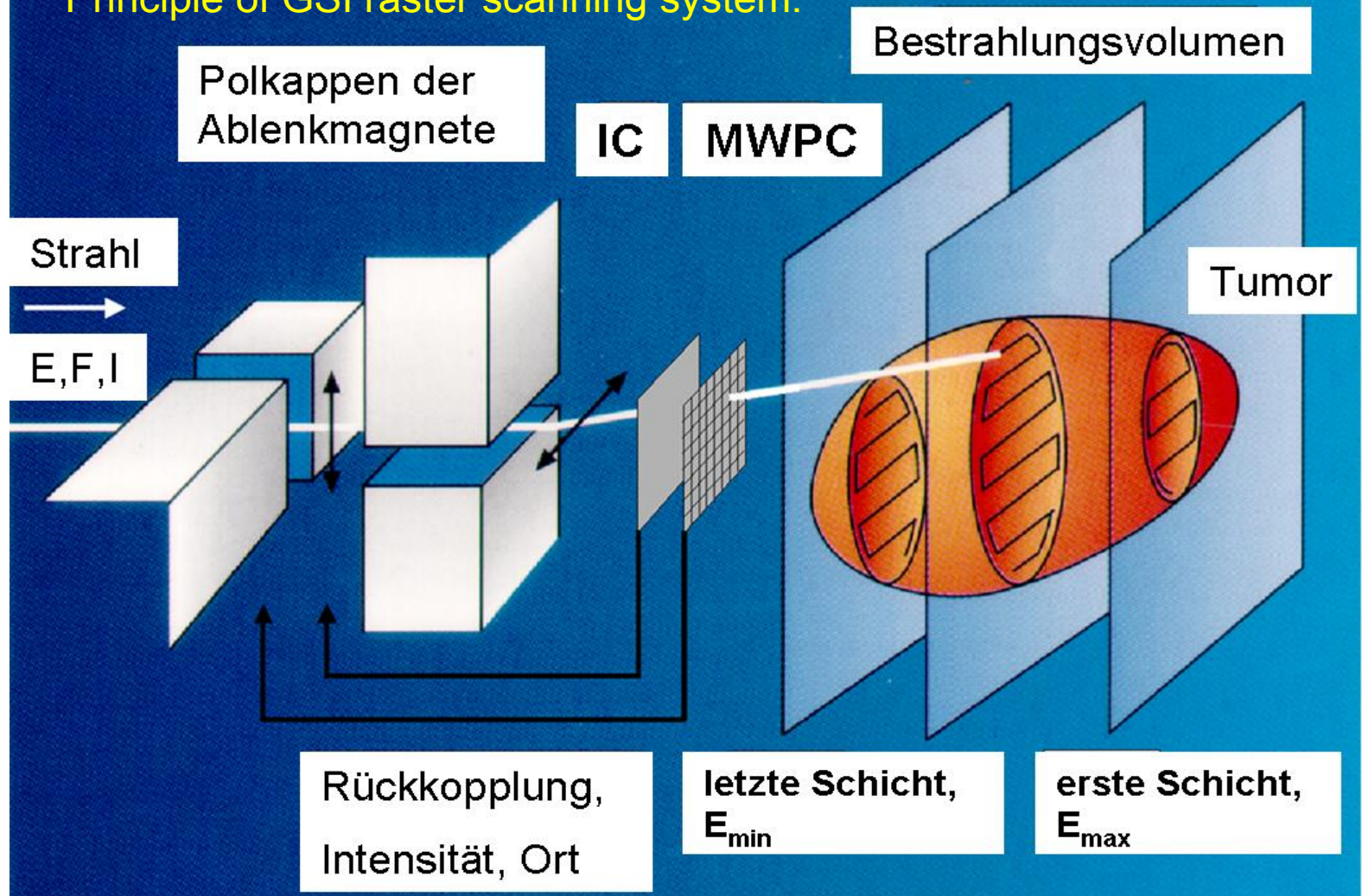
- Nur möglich mit Synchrotron als Beschleuniger.
- Änderung der Extraktionsenergie von Zyklus zu Zyklus um so "aktiv" verschiedene Bragg Spitzen zu überlagern.



- Keine Strahlverluste.
- Keine patientenspezifischen Anfertigungen.

# Aktive Strahlaufbereitung

Principle of GSI raster scanning system.



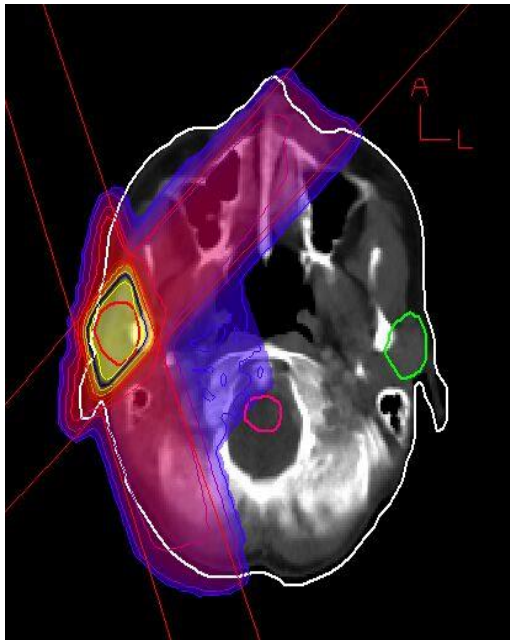
Courtesy of GSI



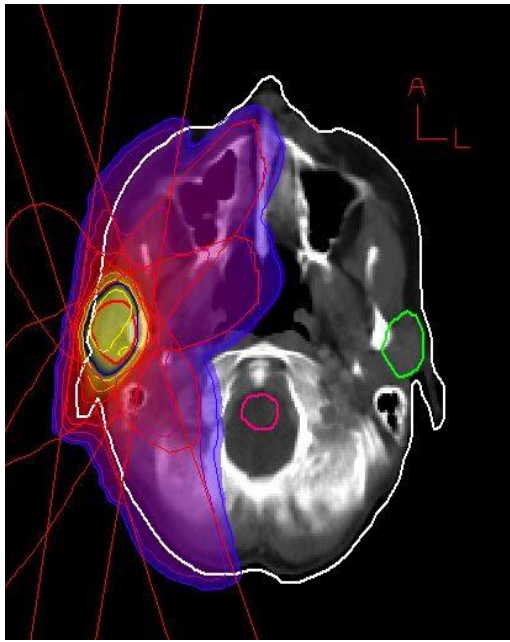
# Vergleichende Bestrahlungsplanung

## Glandula parotid cancer (Ohrspeicheldrüsenkarzinom)

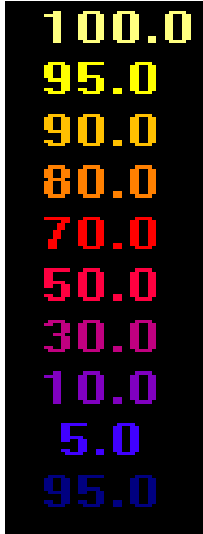
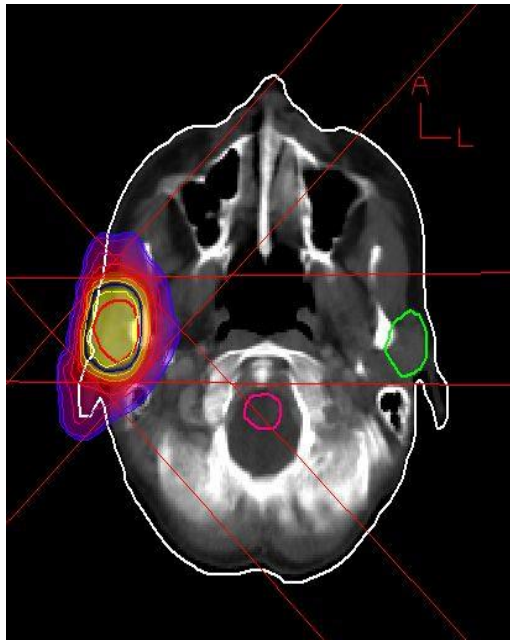
Photons 2 fields



Photons 5 fields



Protons 3 fields



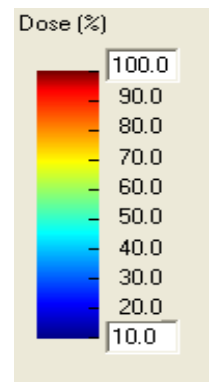
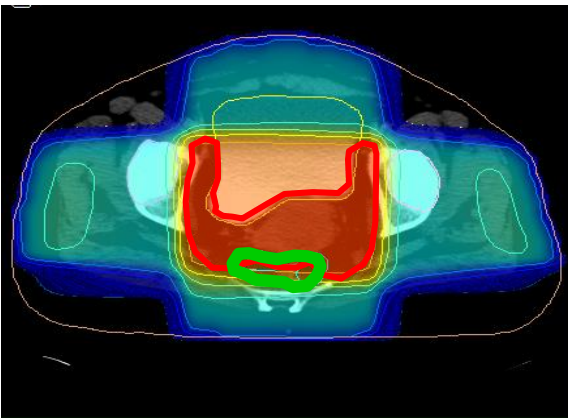
Universitätsklinik für Strahlentherapie und Strahlenbiologie, AKH, Wien



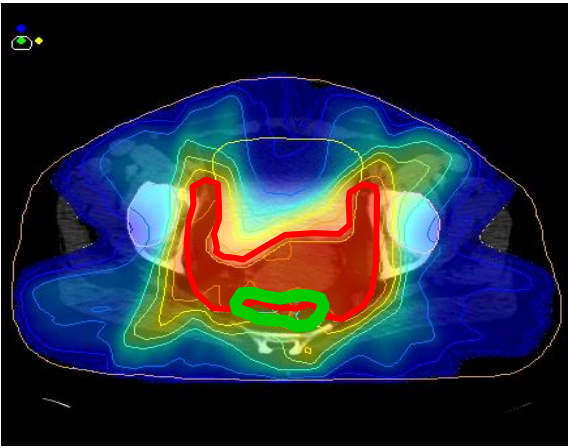
# Vergleichende Bestrahlungsplanung

## Cervical carcinoma

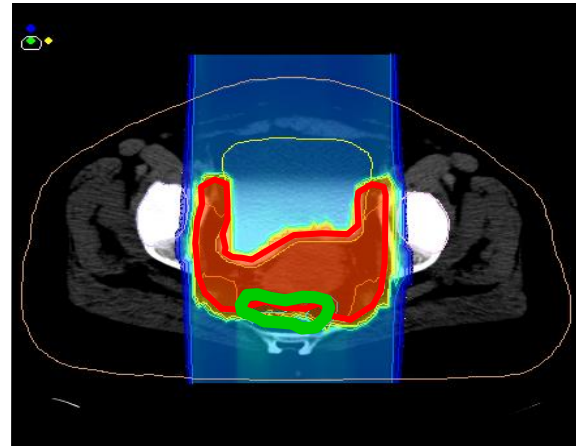
Conformal RT 4 fields



IMRT 7 fields



Protons 2 fields



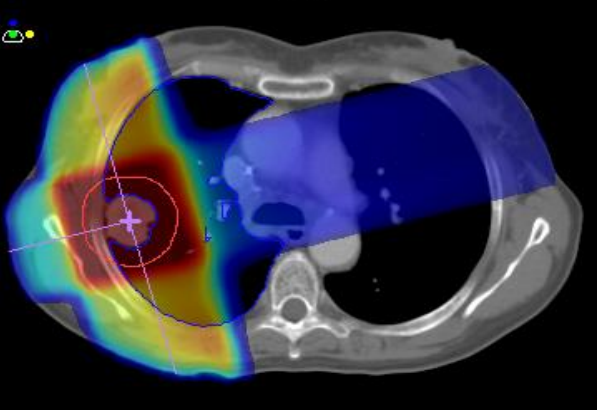
Universitätsklinik für Strahlentherapie-Radioonkologie, Innsbruck



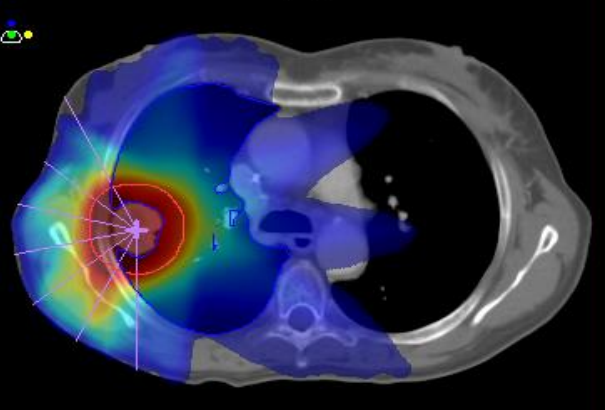
# Comparative Treatment Plannings

## Bronchial cancer

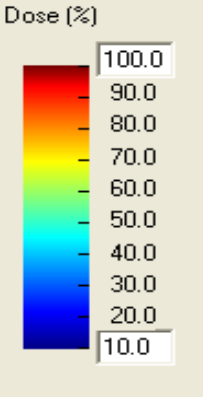
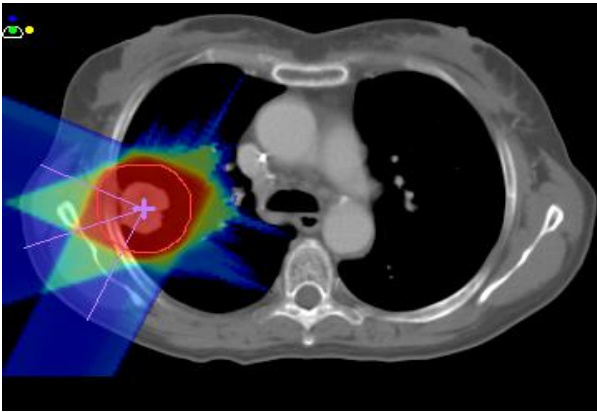
Photons 3 fields



Photons 7 fields



Protons 3 fields



Universitätsklinik für Strahlentherapie-Radioonkologie, Innsbruck

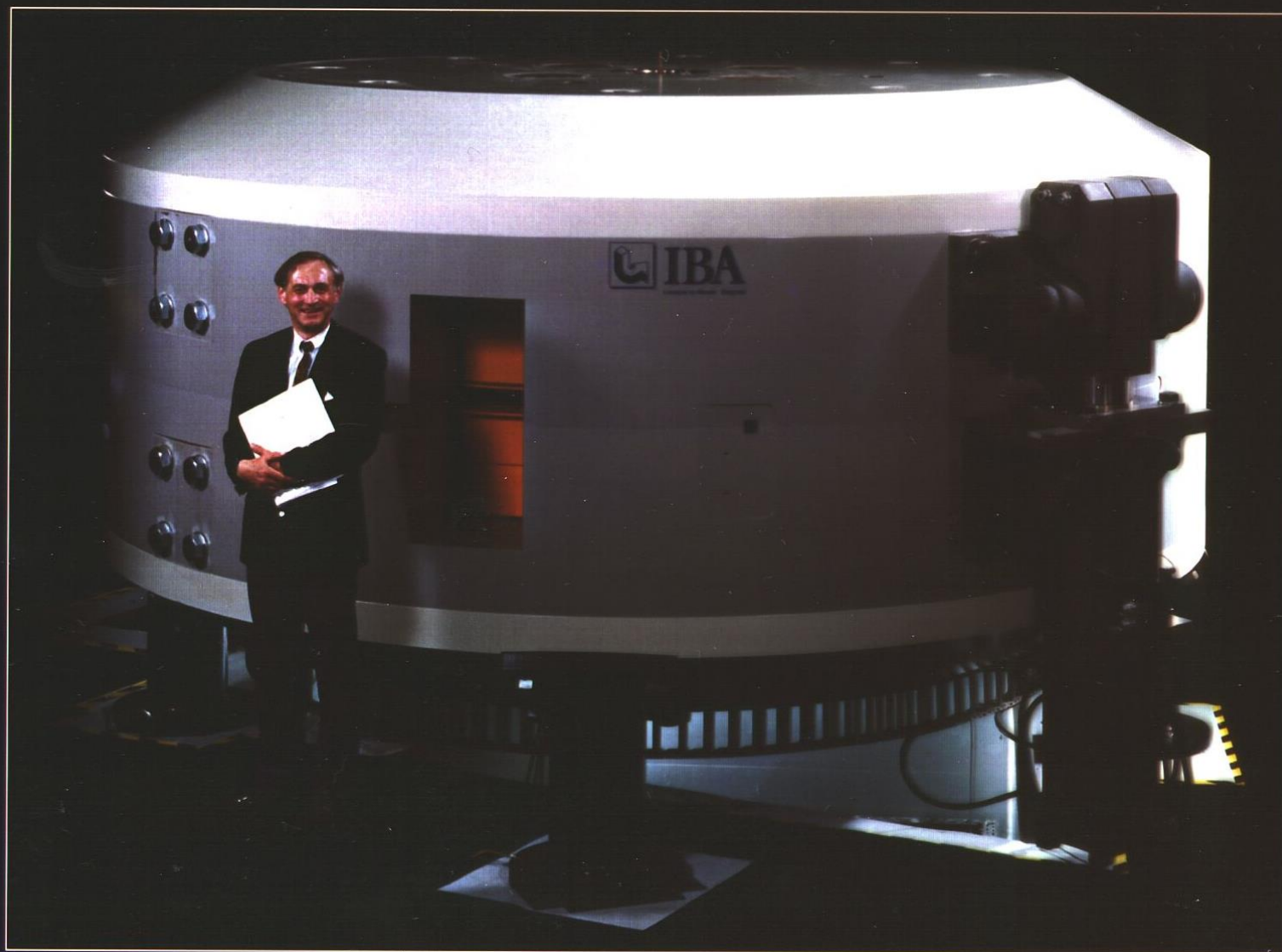


# Bisherige Erfahrungen in der Medizin

- **Protonentherapie**
  - Anlagen in Japan und USA, in Europa mehrere geplant
  - > 60.000 Patienten behandelt, gute klinische Ergebnisse
- **Kohlenstoff-Ionentherapie**
  - US, Japan, Deutschland Italien erste Versuchsanlagen
  - Bisher etwa 8.000 Patienten behandelt (v.a. Japan, US)
  - Sehr gute Erfolge bei laufende Studien
- **Krebserkrankungen in der EU : 2,8 Mio/a**
  - Davon Todesfälle ohne Metastasenbildung 514.000/a
  - Davon für Hadronentherapie geeignet > 51.400/a
- **Bedarf in der österreichischen Bevölkerung:**
  - Etwa 2000 – 3000 Patienten bei denen Ionentherapie optimale Behandlungsmethode ist
  - **Erwartete Zuweisungen > 1200 Patienten.**

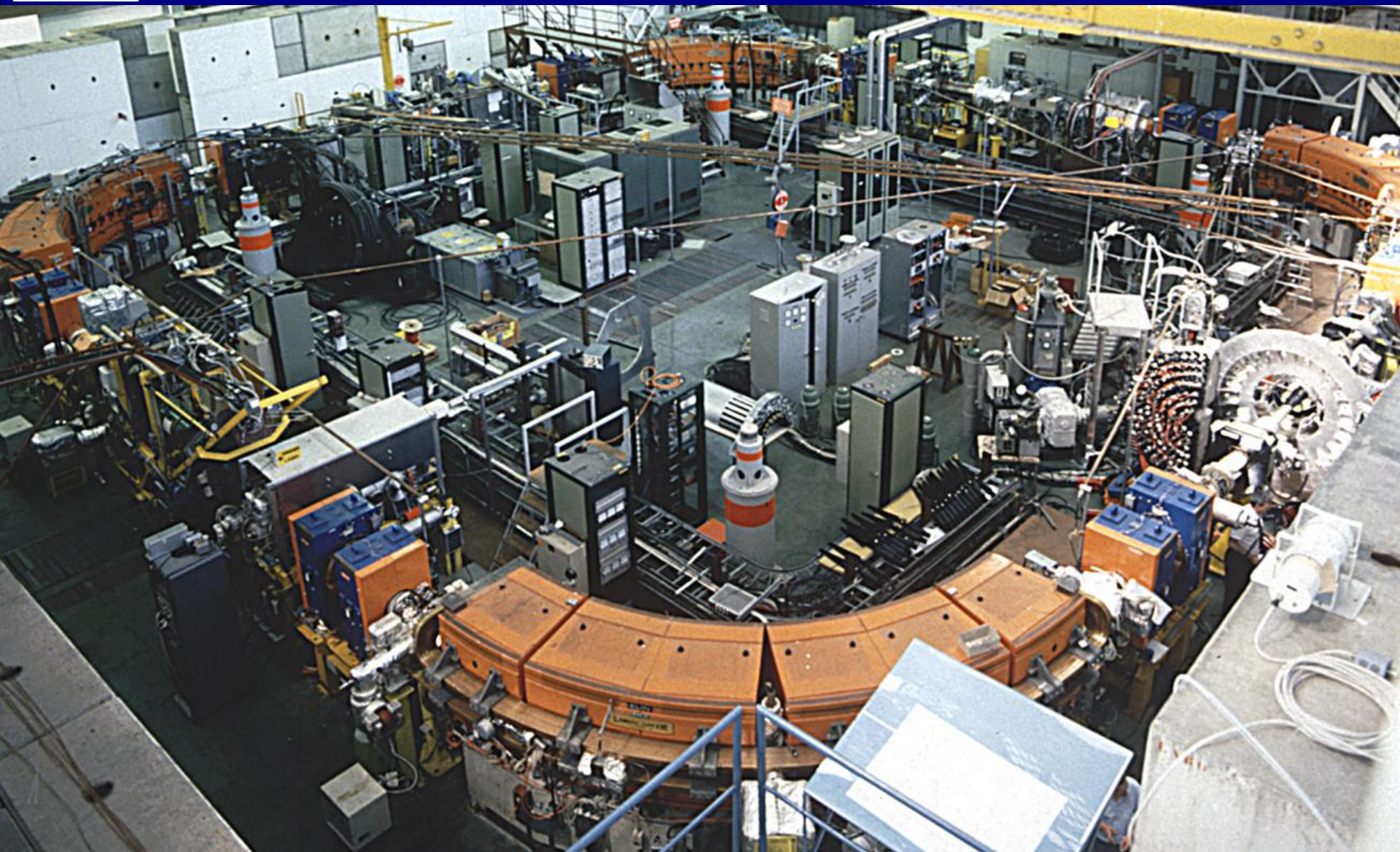


# 235 MeV Zyklotron (IBA Cyclone 235)





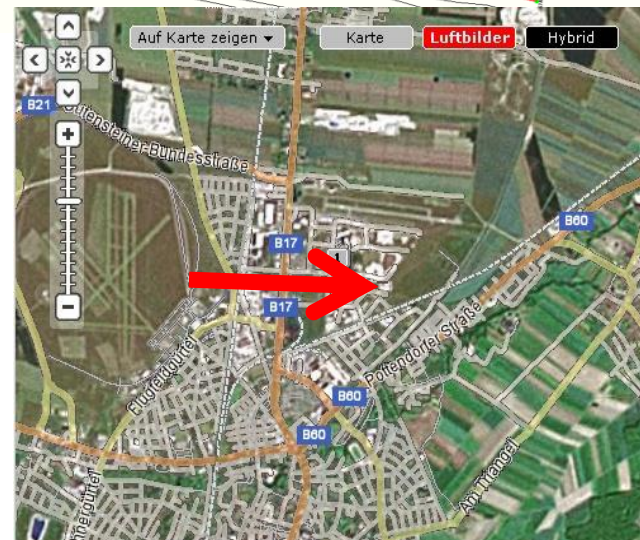
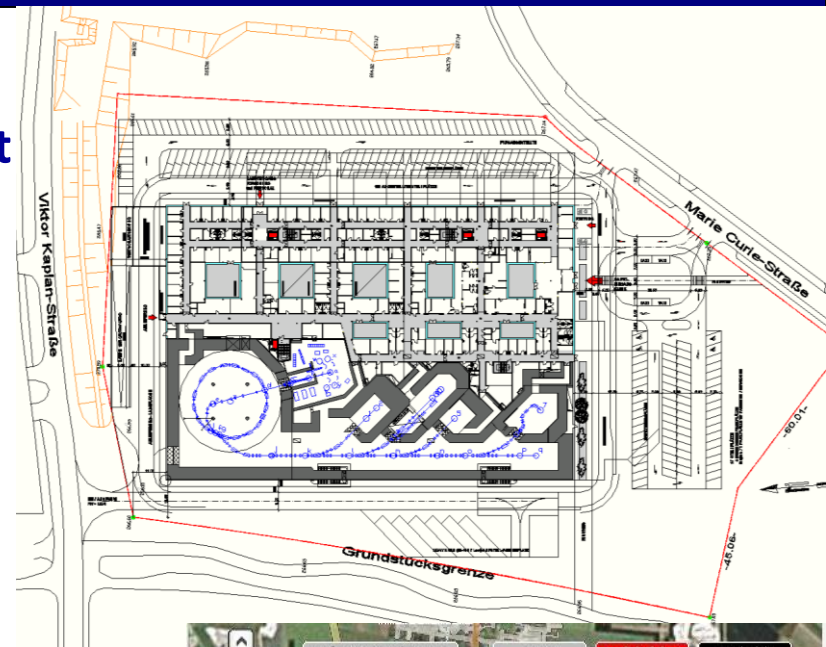
# CERN LEAR ~ 1.2 GeV Synchrotron





# Projektziele - MedAustron

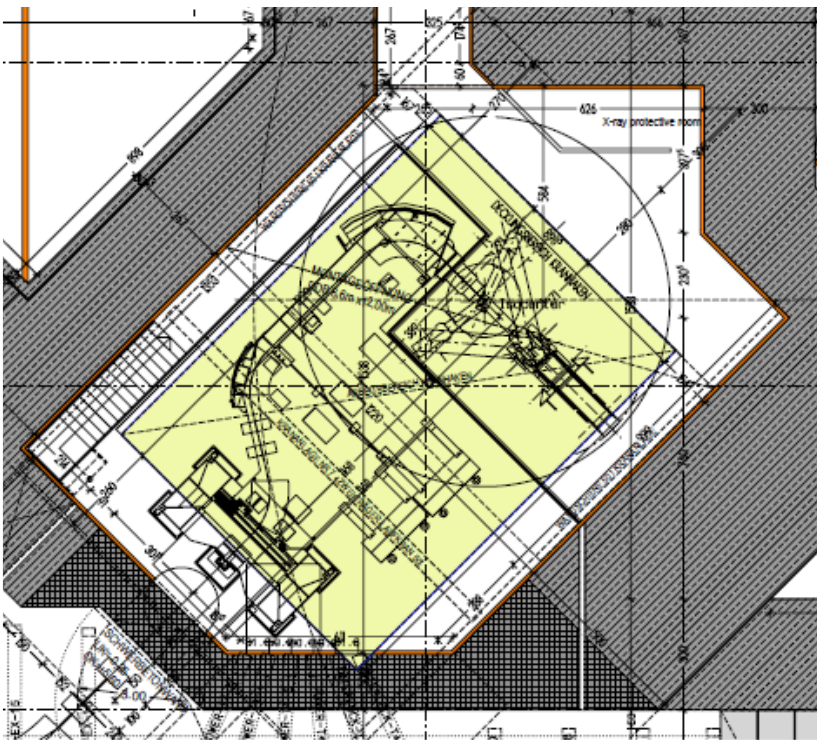
- **Projekt zur Errichtung eines Ionentherapie- und Forschungszentrums in Wiener Neustadt**
  - Protonen- und Kohlenstoffionentherapie, klinische Forschung
  - Nicht-klinische Forschung (NKF)
    - Strahlenbiologie und Medizinphysik
    - Experimentalphysik
  - Strahlbetrieb 7Tage/24Stunden
  - Etwa gleiche jährliche Strahlzeiten für klinischen Betrieb und NKF
- **Synchrotron Beschleunigeranlage zur Erzeugung von Protonen- und Ionenstrahlen**
  - Betriebsphase 1: Protonen und Kohlenstoffionen
  - Später erweiterbar auf andere leichte Ionen (He, O,..) mit Ladung/Masse  $> 1/3$ .





# Medizinanwendung – klinischer Betrieb

- **Behandlungskapazität ~ 1200 Patienten pro Jahr**
  - Anlagenauslegung für 24.000 Einzelbestrahlungen (Fraktionen)/Jahr
  - Etwa 20 Einzelbestrahlungen pro Patient
  - Entspricht ~100 Patientenbesuche pro Tag.
- **Optimierung des Patientenfluss**
  - 3 Medizinische Behandlungsräume
  - 3 Vorbereitungsräume pro Behandlungsraum
  - Optimale Ausnutzung der Beschleunigeranlage
- **1 Bestrahlungsraum fuer NK Forschung**
- **Betriebskonzept Phase 1**
  - Medizinbetrieb 5 Werkstage/Woche,
  - 2 Schichten, 06:00 – 22:00 inkl. QA

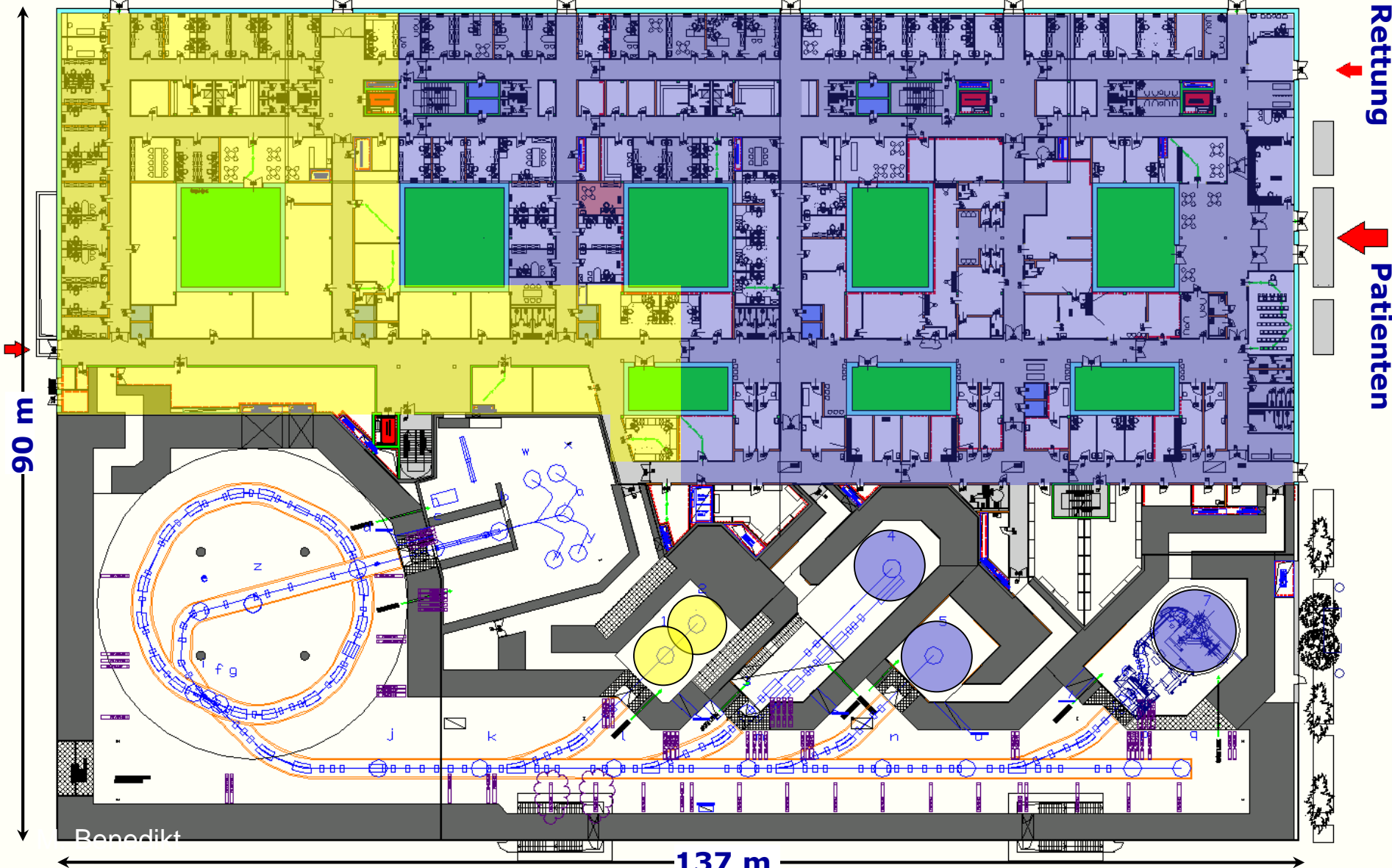


# Erdgeschoss – Strahlebene: Funktionsbereiche

Personaleingang ↓ (Medizin, Forschung, Technik)

Rettung

Patienten



90 m

137 m

Benedikt



# MedAustron Beschleunigeranlage

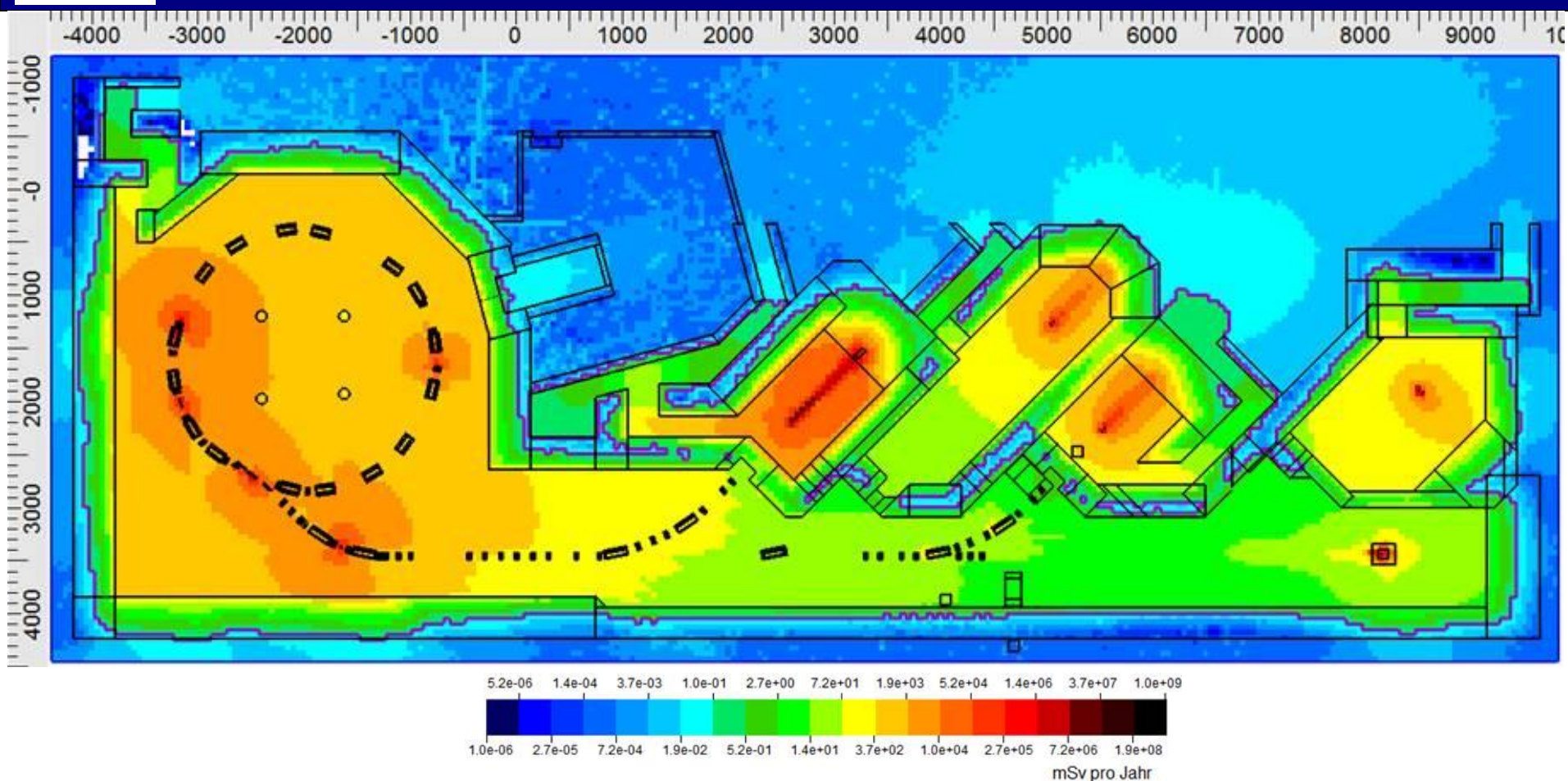




# Beschleunigerentwicklung mit CERN

- **CERN ist „das österreichische Beschleunigerzentrum“.**
  - Keine Institutionen und Know-How in diesem Bereich in Österreich
- **NOE - EBG MedAustron - CERN Partnership agreement (2008-2014):**
  - Aufbau eines MedAustron Beschleunigerteams am CERN und Integration in die technischen Gruppen bei CERN zur Ausbildung
    - Bis zu 50 EBG Mitarbeiter bei CERN, unterstützt von 7 FTE CERN Staff u. Konsulenten.
  - Design, Beschaffung, Errichtung und Inbetriebnahme in WN mit Hilfe und Mitarbeit von CERN Experten in allen Bereichen der Beschleunigertechnik.
  - Seit 2014: Betrieb in Wiener Neustadt durch das MedAustron Beschleunigerteam.
- **Forschungs- und Wissenschaftsaspekte**
  - 4 Dissertationen, 5 Diplomarbeiten und 30 wissenschaftliche Publikationen im Rahmen des Beschleunigerprojekts → Bereits heute nicht-klinische Forschung bei MA!
  - Etliche EBG Mitarbeiter (Führungspositionen Beschleuniger) sind Absolventen des vom BMWF finanzierten Technologiedissertationsprogramms am CERN!
- **Musterbeispiel für CERN Nutzung und Technologietransfer**

# Strahlenschutzbauwerk

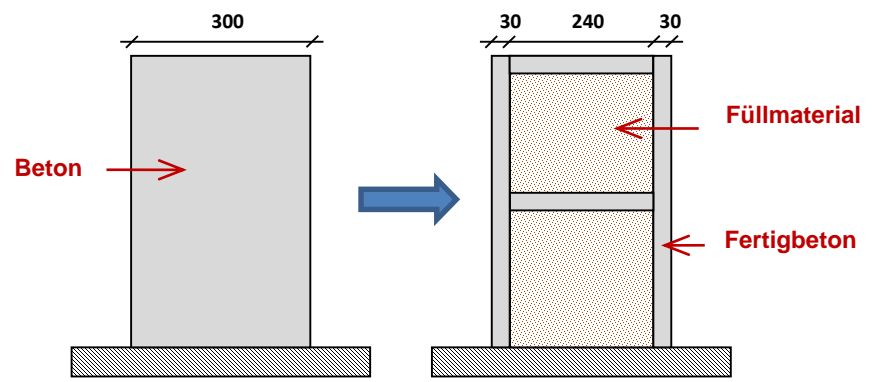


Entsprechende Abschirmwände, um im Außenbereich der Teilchenbeschleunigeranlage die gesetzlichen Grenzwerte für ionisierende Strahlung einzuhalten.

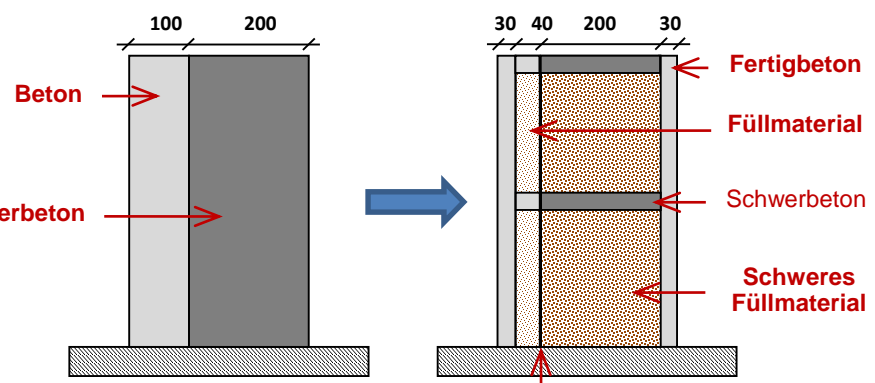
(Violette Linie markiert die angestrebte Dosisgrenze von 0.1 mSv (Faktor 10 unter gesetzlichen Limit))

# Strahlenschutzbauwerk

- Ersatz der Vollbetonabschirmwände durch gefüllte Fertigbetonstrukturen
  - Ersparnis 25.000 m<sup>3</sup> Beton, Anlieferung, etc,...



(a)



(b)





# Status – August 2011 November 2011







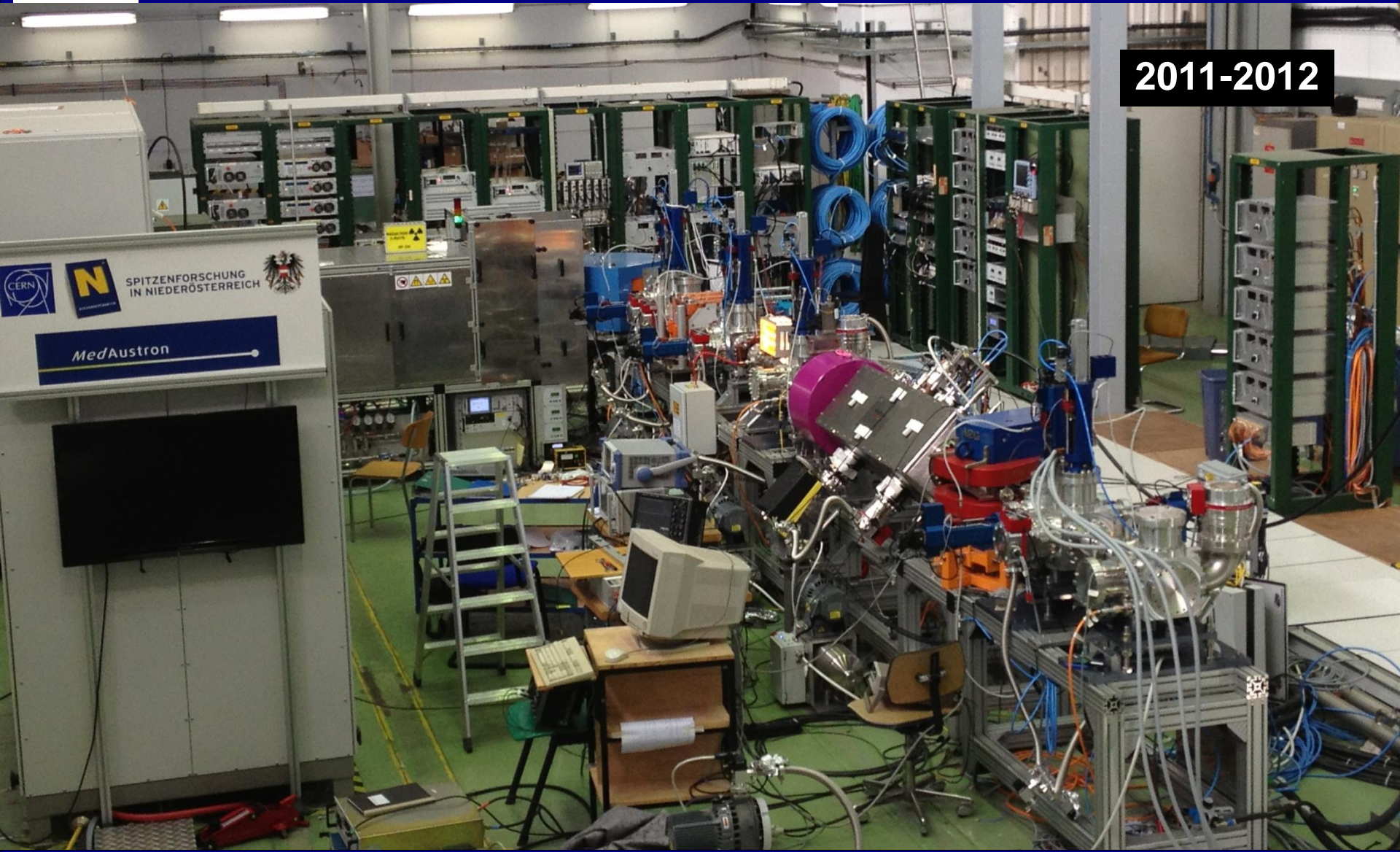
# Ausführung Strahlenschutzbauwerk März 2012





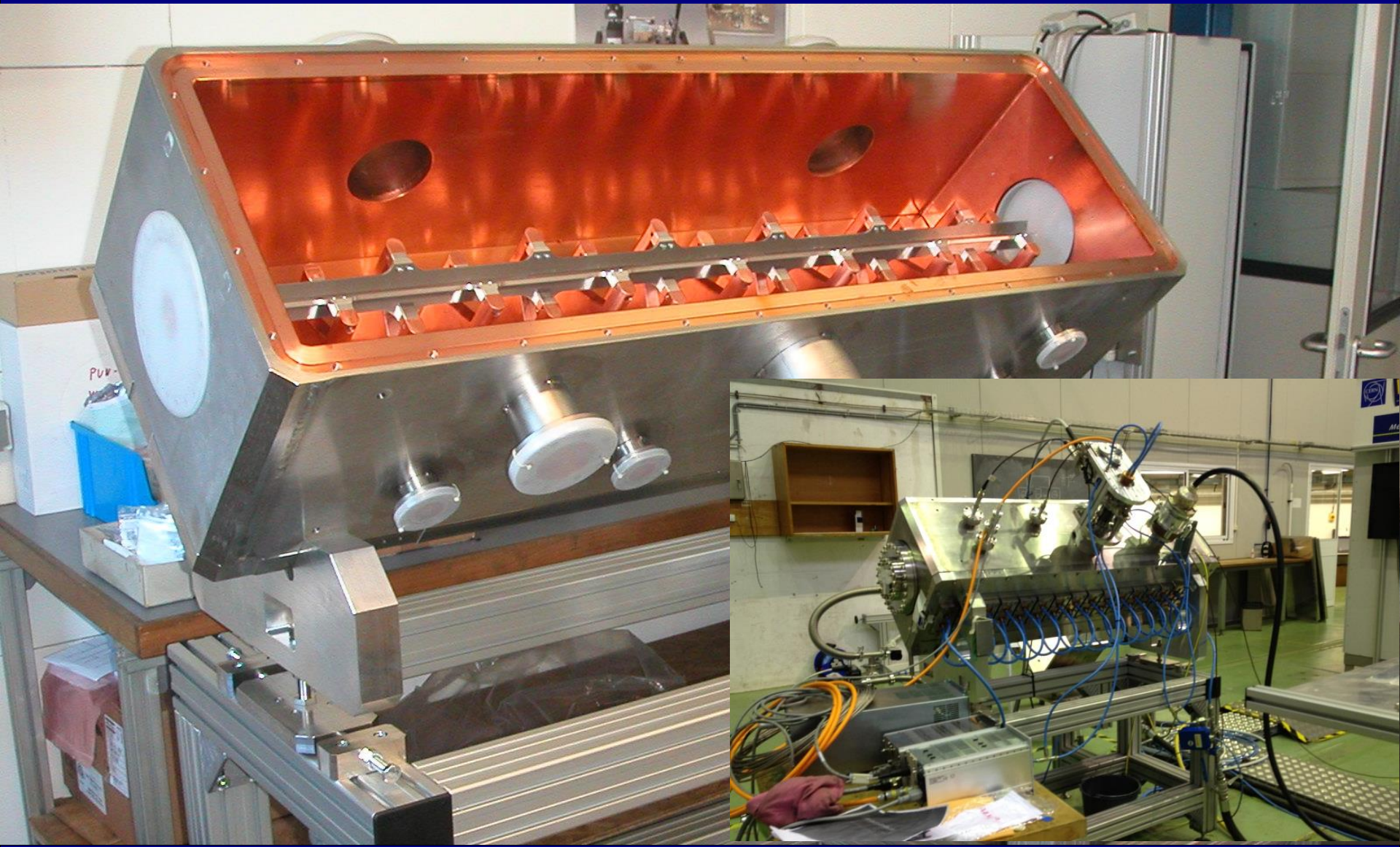
# MedAustron Injektor Test Stand CERN

2011-2012





# RadioFrequenzQuadrupol - Neuproduktion





# MedAustron in Wiener Neustadt



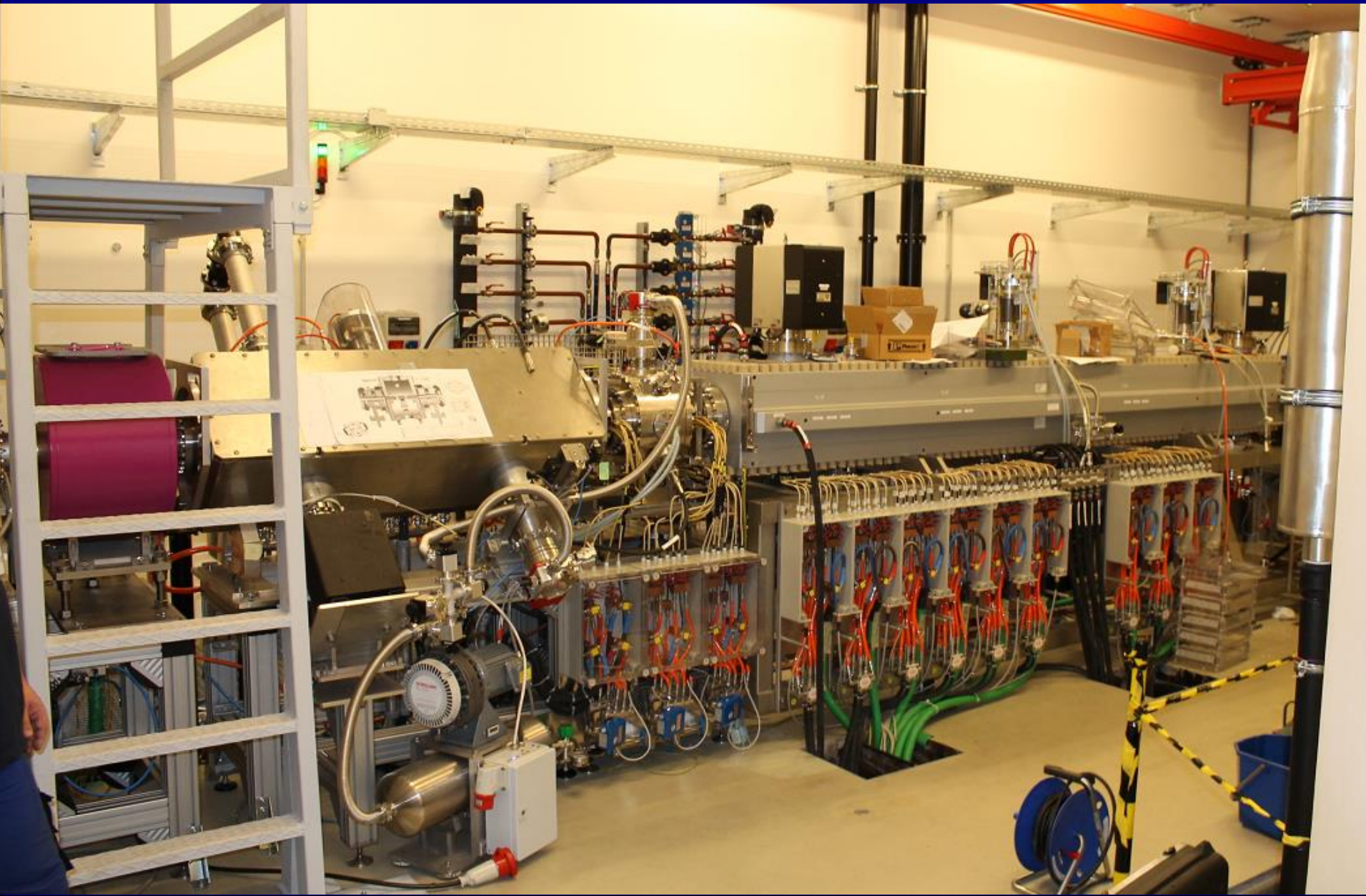


# Injektorhalle: Ionenquellen





# Injektorbunker: RFQ, IH-DTL

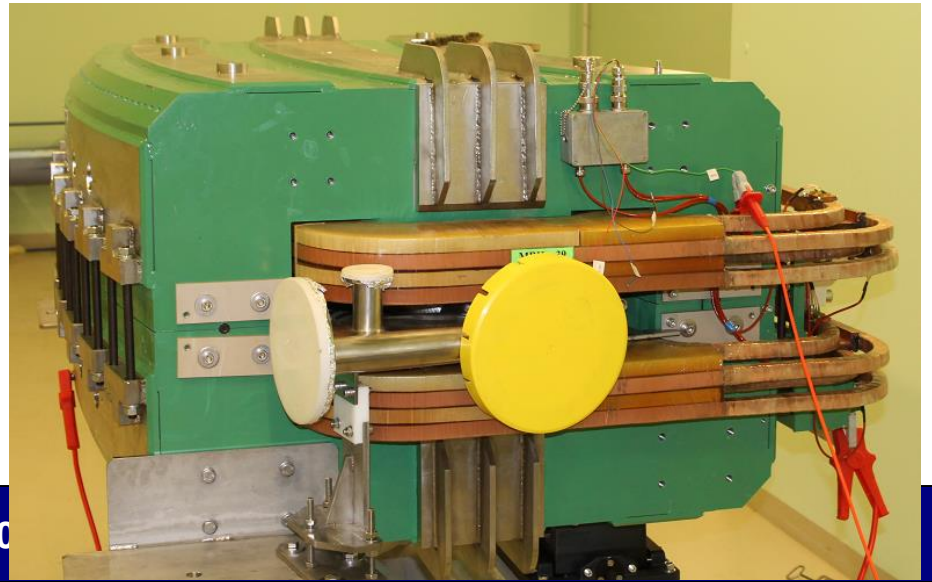
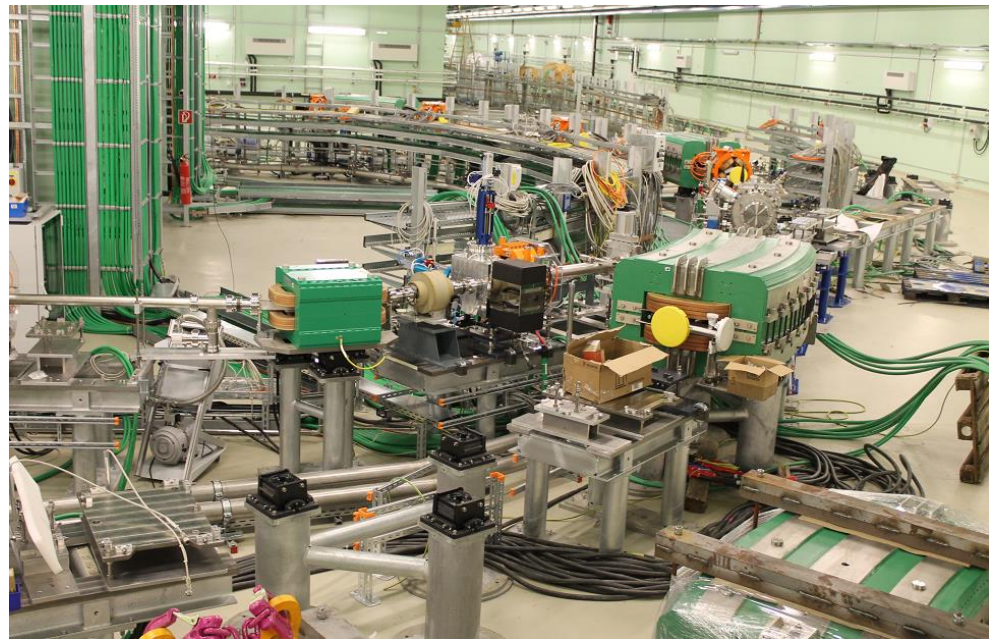




# Synchrotron, Magnete, Kontrollraum



(Nov. 2013)



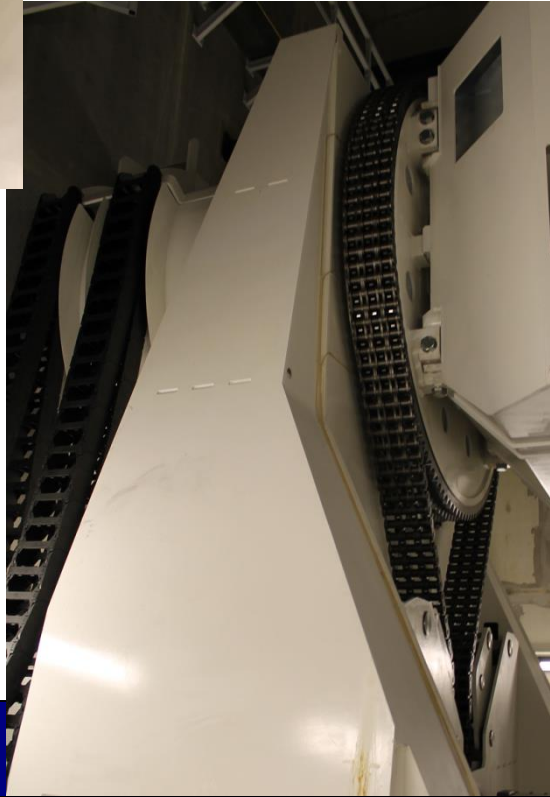
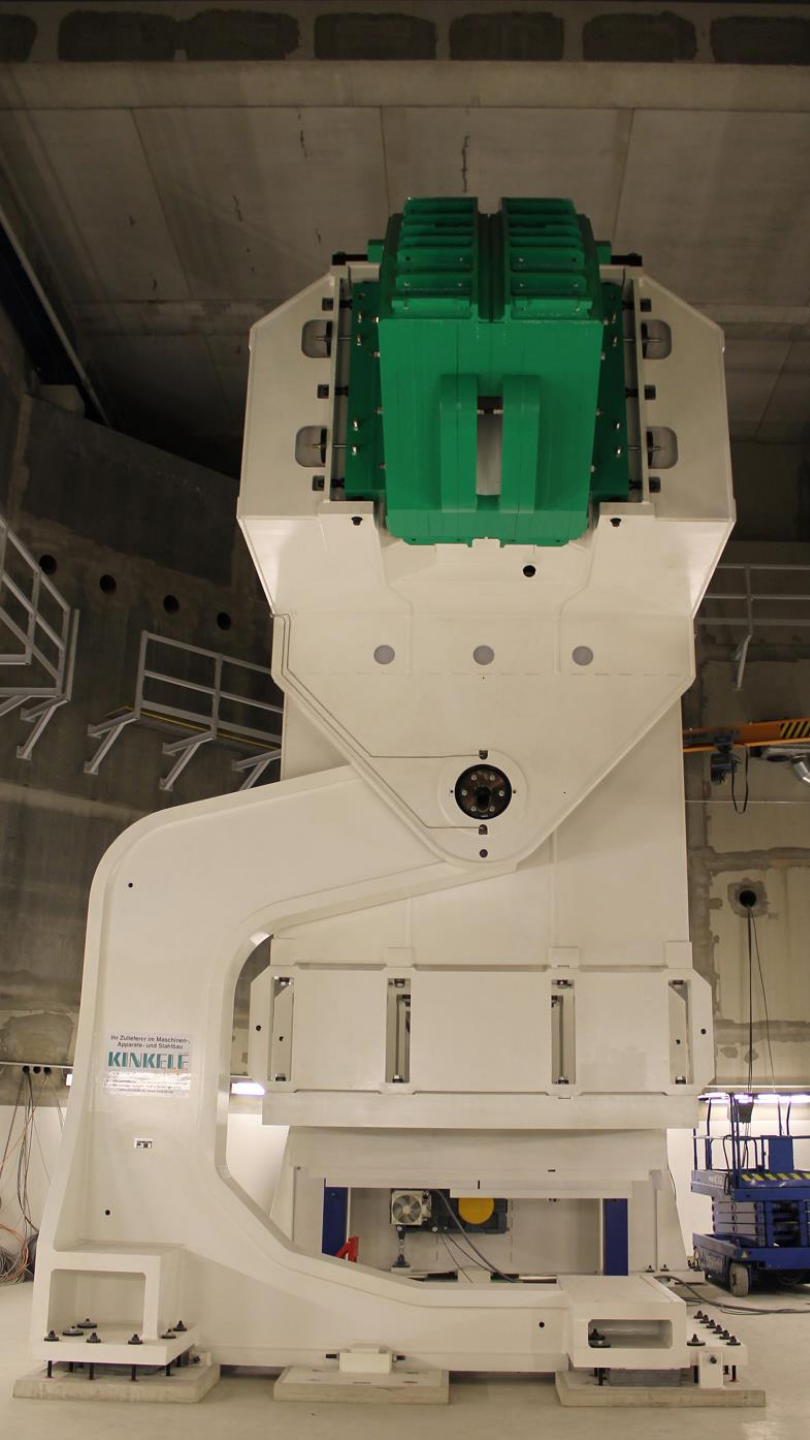




# Power Converter Halle, IH HF Verstaerker

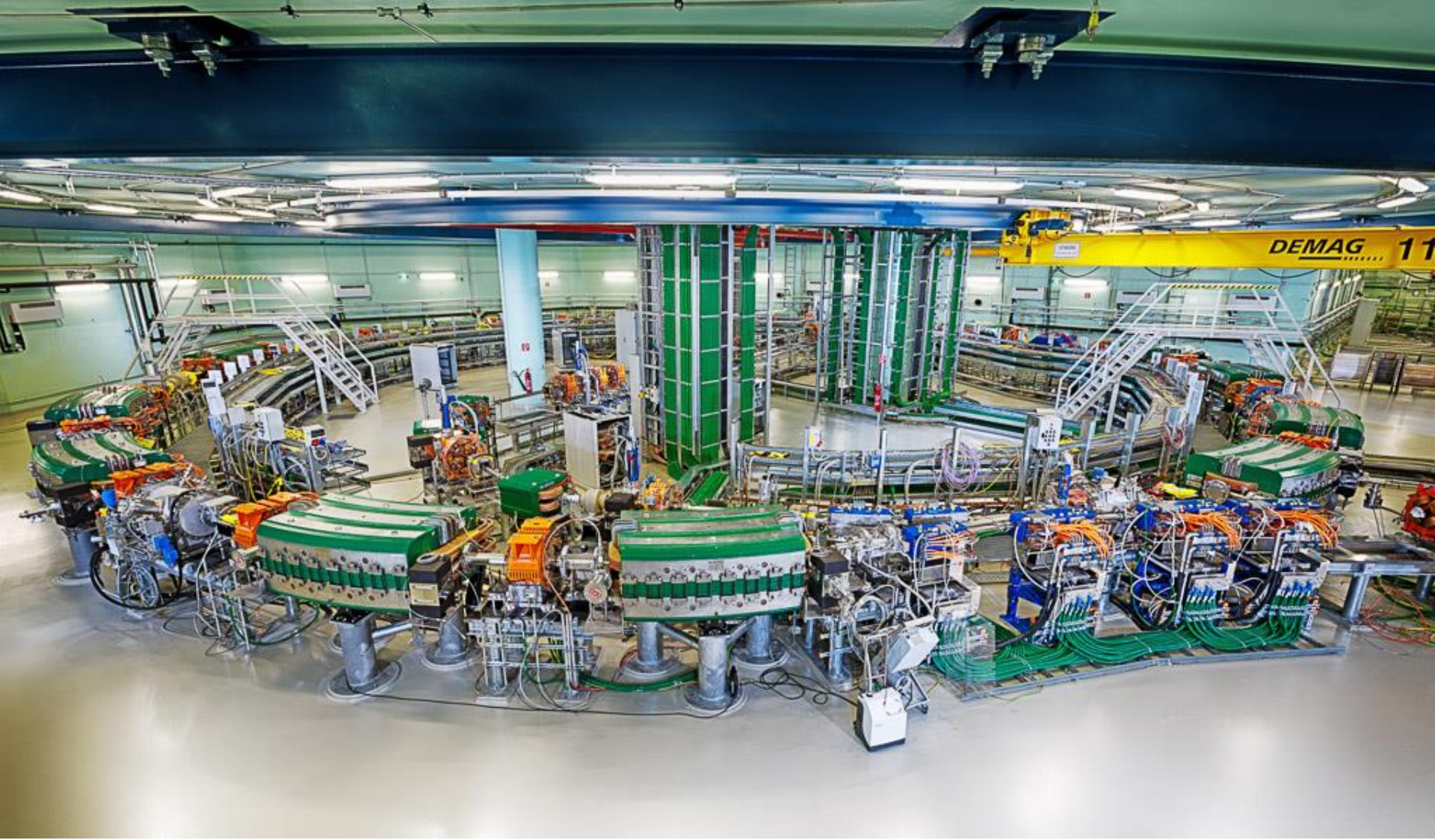


# Gantry





# Synchrotron installed





# Erster Strahlumlauf 7. April 2014

**Luminescent Screen Device Control** v0.2.1.535

## MR-00-000-SLU

**MedAustron<sup>N</sup>**

**Control Values**

Trigger Mode\*  
Mode0 Mode0

Exposure Time [s]\*  
1m 1m

Enable Lamp\*     Lamp Enabled

**Readback Values**

No. of Acquired Images  
103

No. of Decoded Images  
103

Basic Measurement    FECOS commands    Logger

**Pneumatic Motion System**

Move OUT    Advanced    ● Quick Status  
Move IN    Monitor Position  
IN

Prepare   
 Activate   
 Deactivate   
 Finalize

Command Response ✔

FEC Response i

780x582 1.11X Unsigned 16-bit image 2944 (297.0) Zoom To Fit

▶ Measurement Start   
 ⊛ Measurement Stop   
 📄 Save Image to File

User: @ | Role: PU | Log destination: | Crate: BD-03-008-CPU



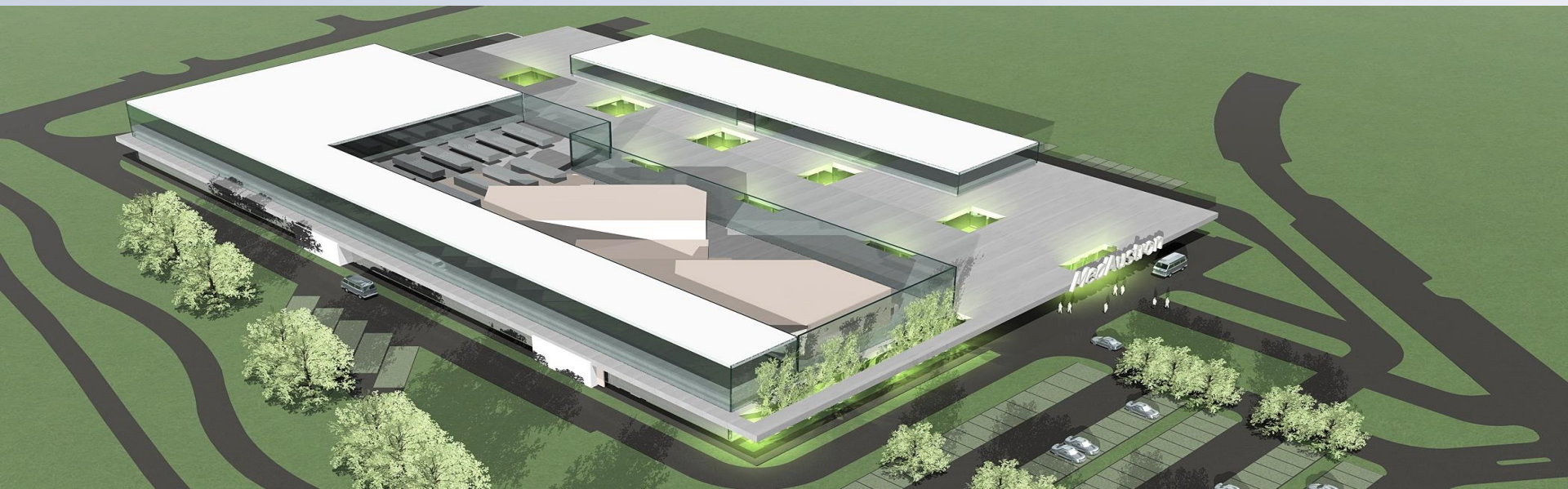
# Behandlungsrauminstallation





# Projektzeitplan

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Sommer 2008</b>   | <b>Planungsbeginn</b>                                |
| <b>Herbst 2009</b>   | <b>Einreichung Umweltverträglichkeitsprüfung</b>     |
| <b>März 2011</b>     | <b>Baubeginn</b>                                     |
| <b>Oktober 2012</b>  | <b>Beginn Beschleuniger- und Medizininstallation</b> |
| <b>März 2013</b>     | <b>Beginn Probetrieb Beschleuniger, sequentiell</b>  |
| <b>Dezember 2016</b> | <b>Patientenbetrieb 1. Medizinraum</b>               |





# Zusammenfassung

- Mit MedAustron wurde ein „state of the art“ Ionentherapie- und Forschungszentrum in Österreich errichtet.
- MedAustron hat das Potential, mit Anbindung an Universitäten und optimierter Organisationsstruktur, sich als multidisziplinäres Forschungszentrum im internationalen Spitzenfeld zu etablieren
- MedAustron ist eine exzellente Infrastruktur für Lehre und Ausbildung in medizinischen und technischen Disziplinen
- Die Umsetzungsstrategie und Zusammenarbeit mit CERN ist ein Musterbeispiel für Technologietransfer und effiziente CERN Nutzung.