



MedAustron

Das Österreichische Ionentherapie- und Forschungszentrum



29. März 2018

Dr. Michael Benedikt, CERN



Inhalt

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

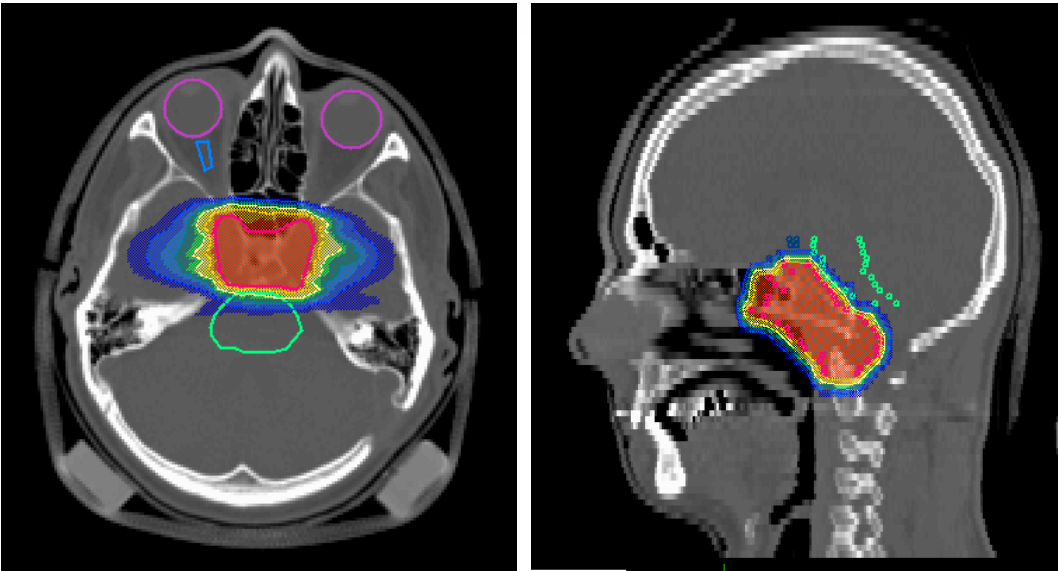
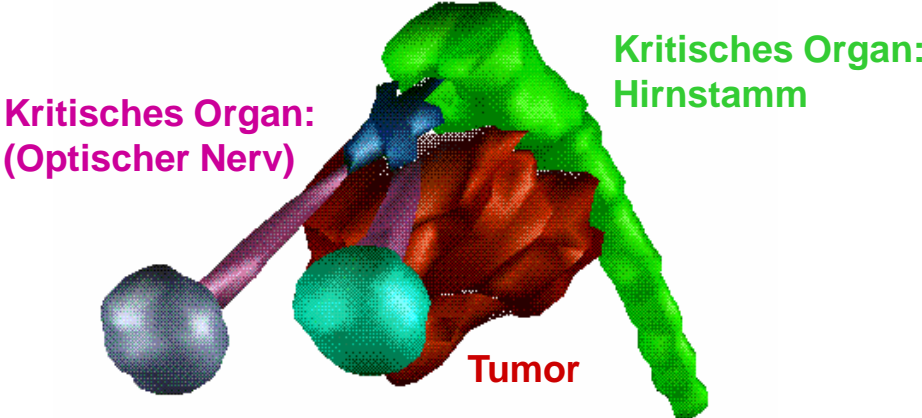
Radiotherapie

- **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

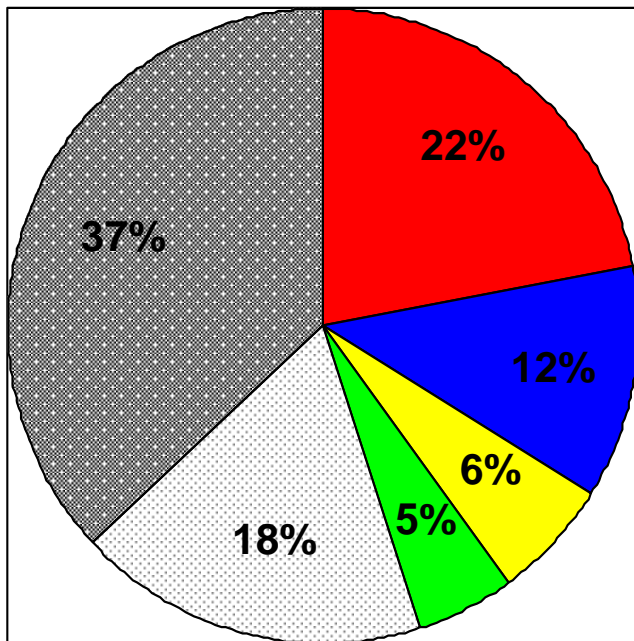


Courtesy GSI



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.

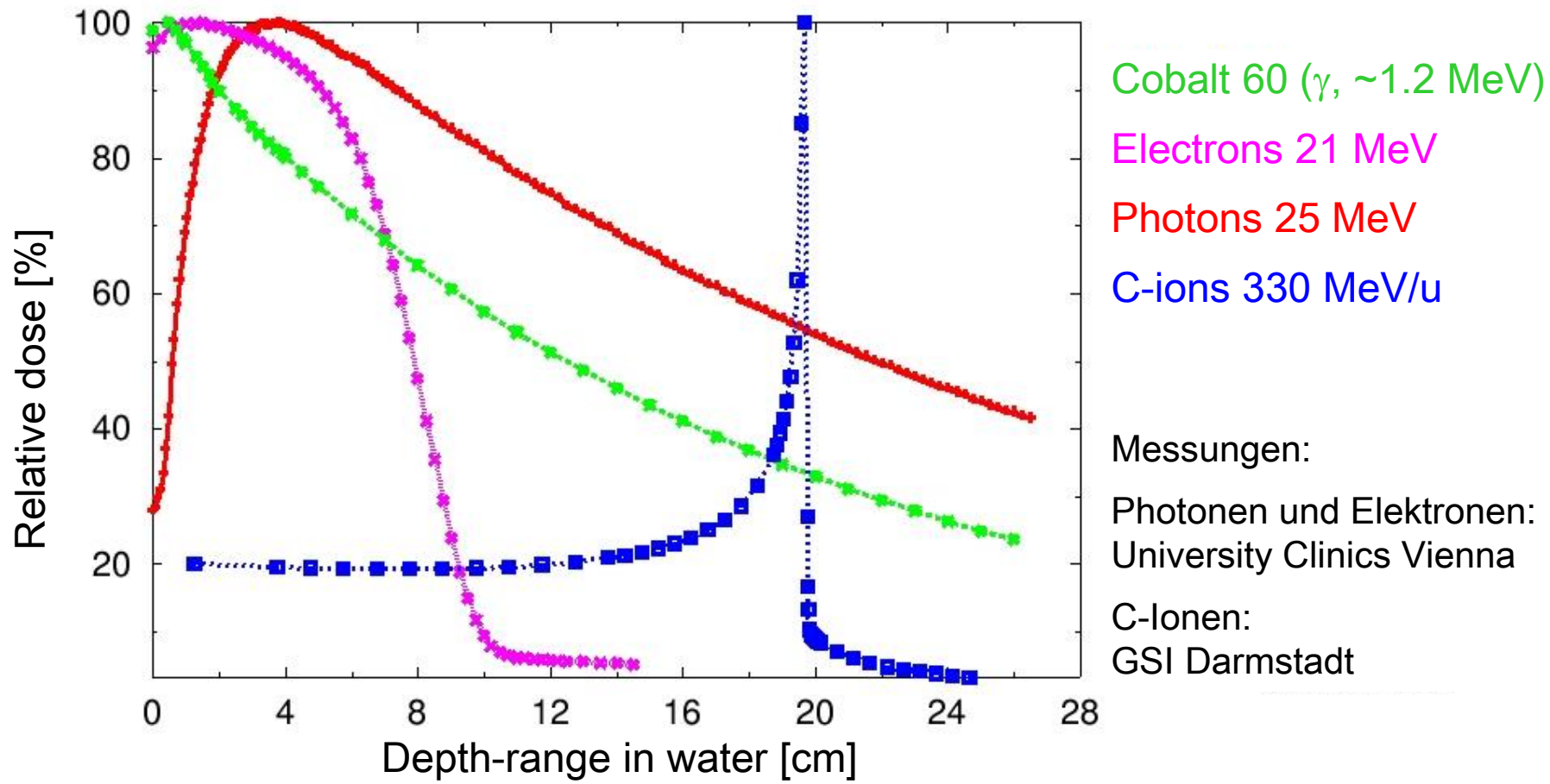


- **Surgery**
- **Radio therapy**
- **SU + RT combined**
- **Other (chemo)**
- **No cure loco-regional**
- **No cure non regional**



Tiefendosiskurven – “Bragg-Spitze”

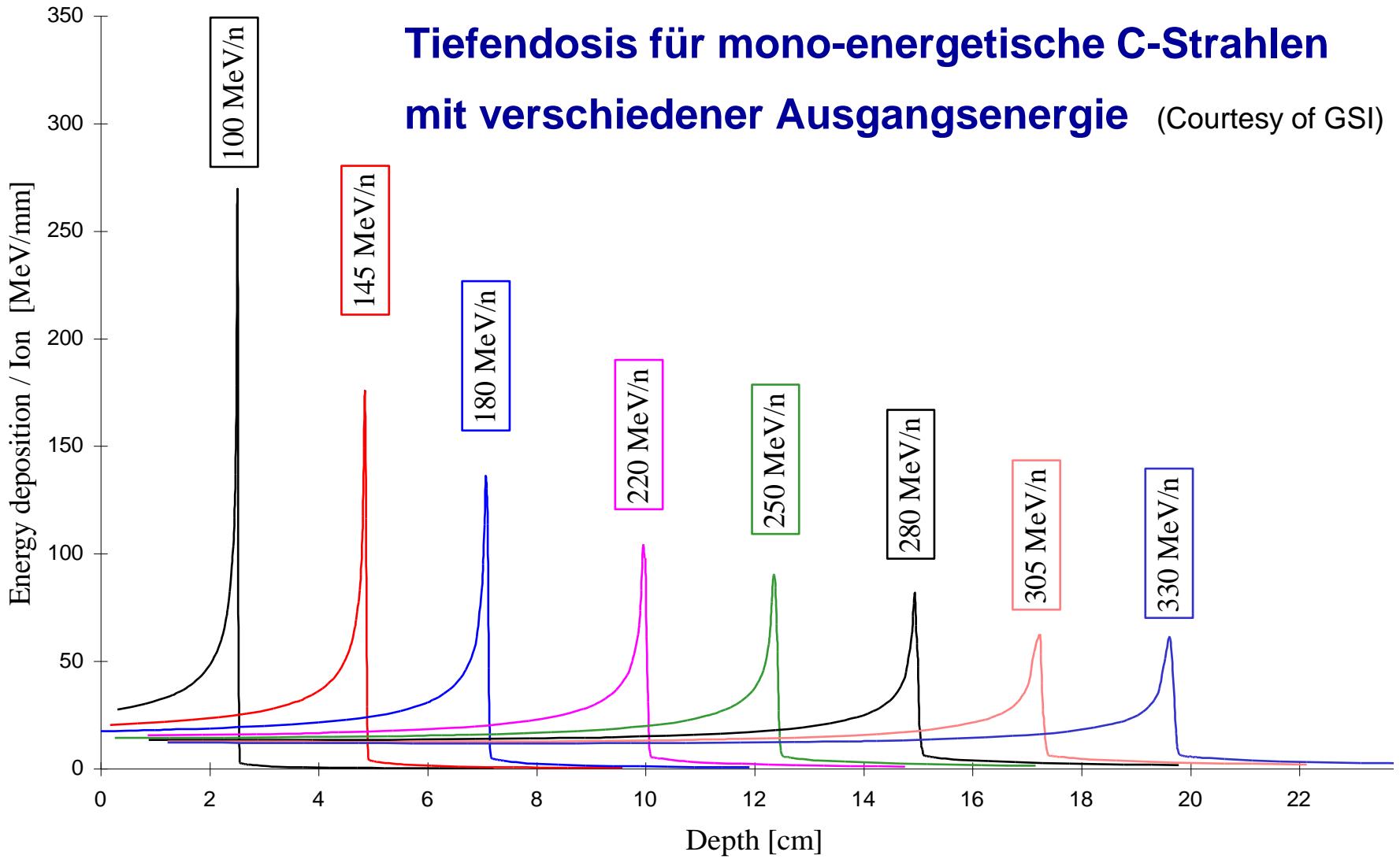
Messungen im Wasserphantom (~gewebeäquivalent)





“Bragg-Spitze” - Energieabhängigkeit

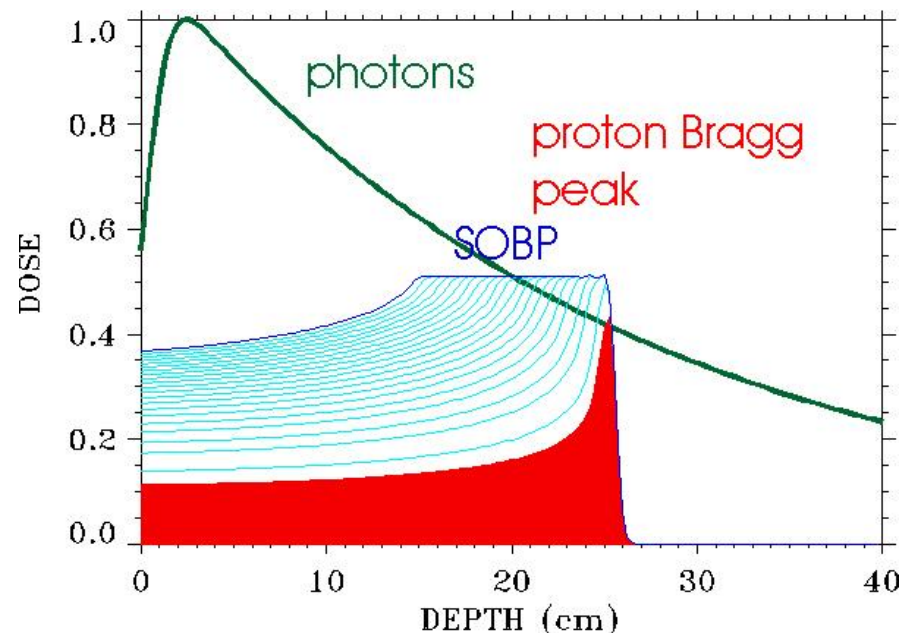
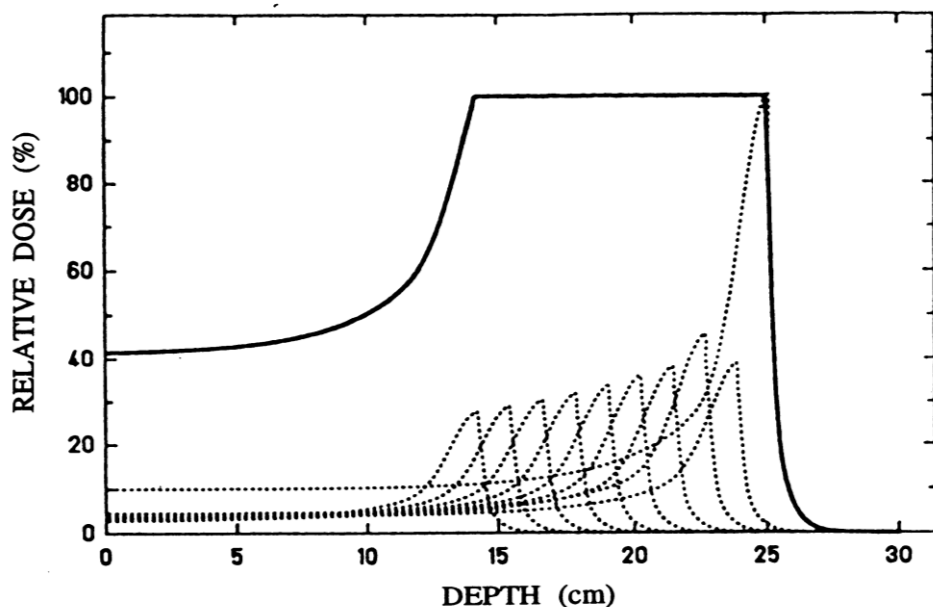
Tiefendosis für mono-energetische C-Strahlen mit verschiedener Ausgangsenergie (Courtesy of GSI)





Aufgeweitete “Bragg-Spitze”

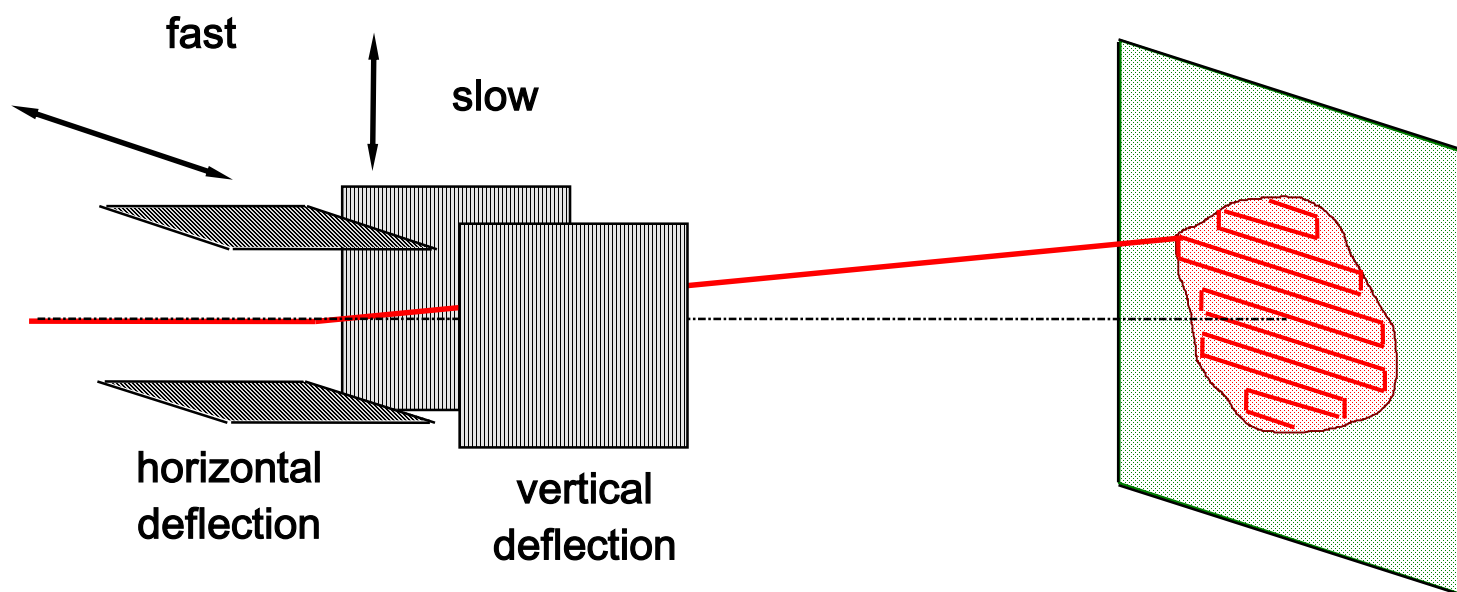
- **“Bragg-Spitze” muss “aufgeweitet” werden auf gesamte Tumordicke.**
 - Überlappung von Strahlen mit verschiedener Energie.
 - Aktive Energievariation (Synchrotron) oder passive (Zyklotron).



- **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 ($\leq 10\text{m/s}$).**

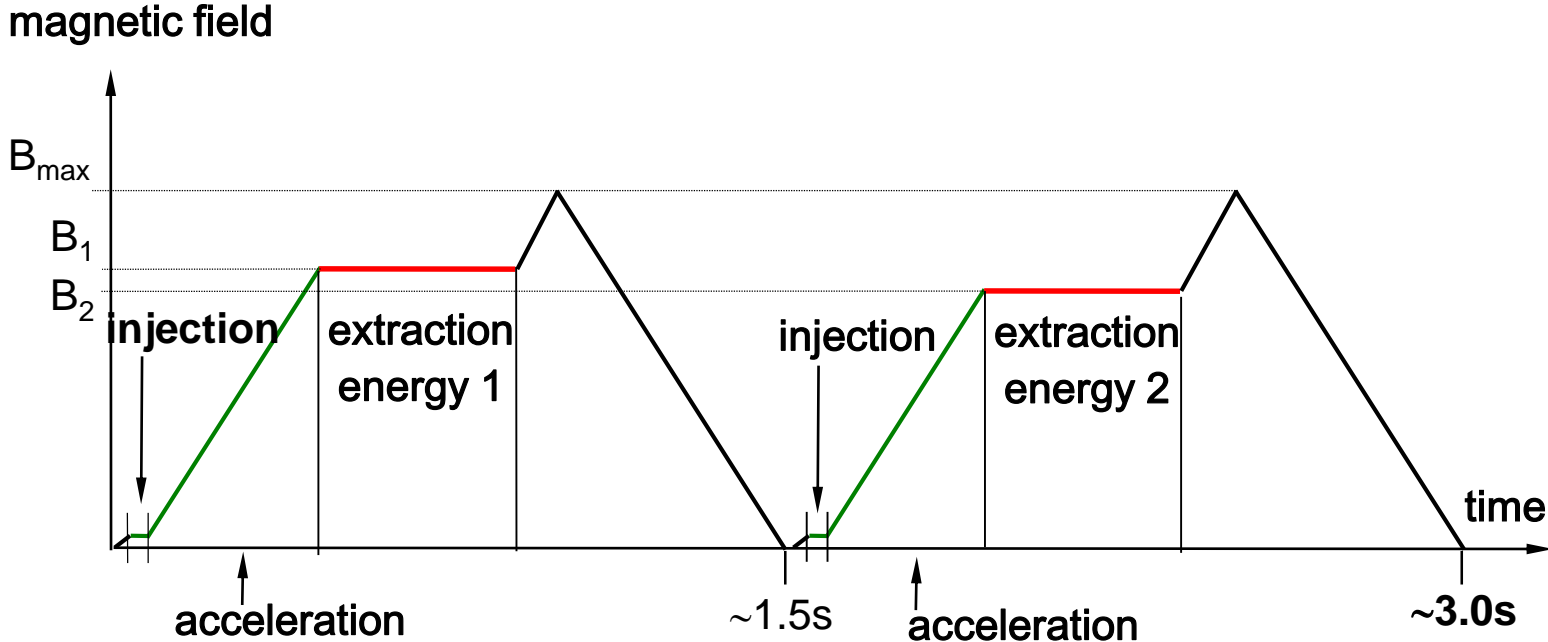


- **Keine Strahlverluste.**
- **Keine patientenspezifischen Anfertigungen (Kostenfaktor).**
 - **Benötigt Zeit ($\sim 1\text{s}$ pro Schicht) für online-Dosimetrie.**
 - Erfordert langsame Extraktion bei Verwendung eines Synchrotrons.



Aktive Energieänderung

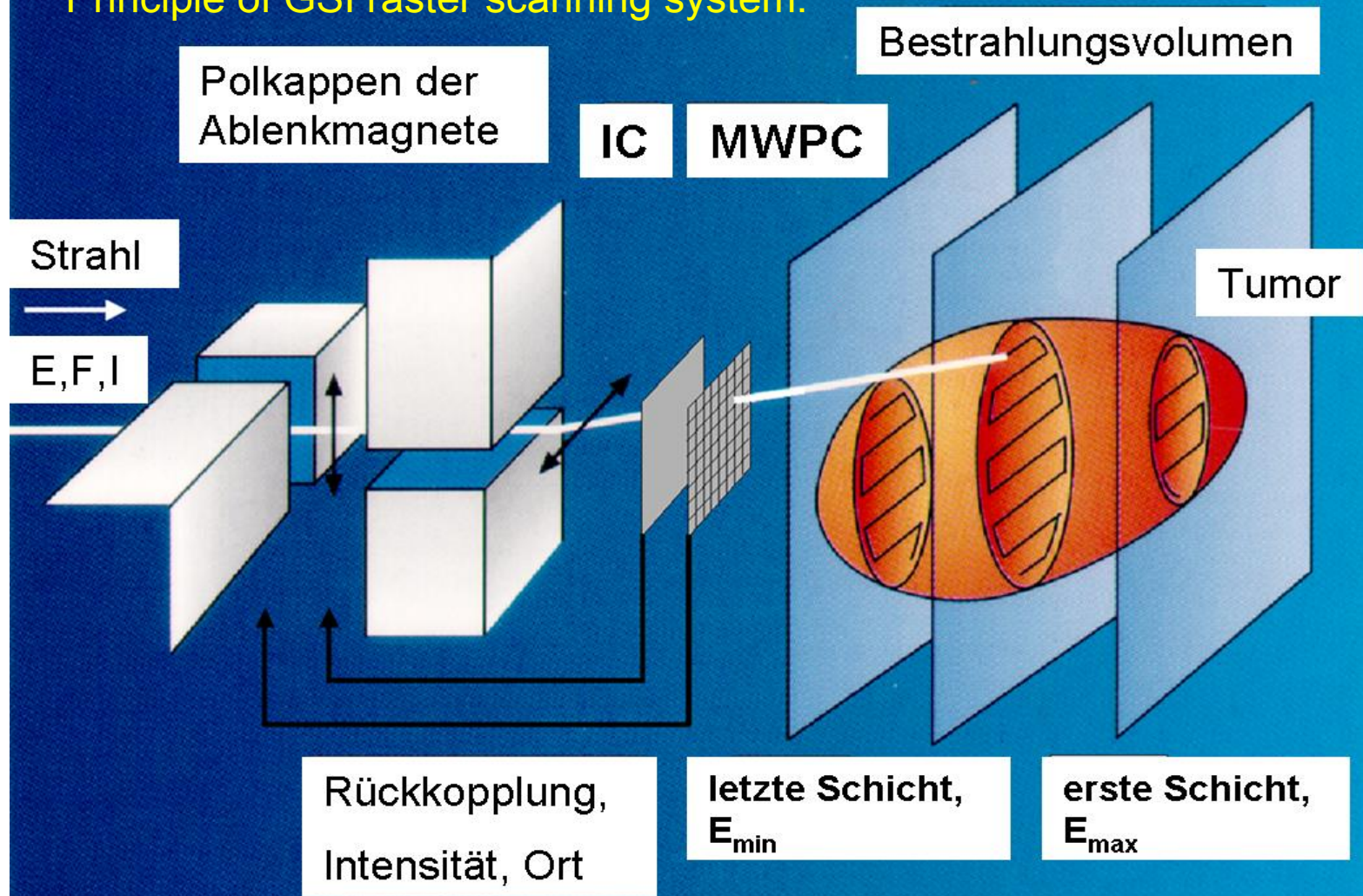
- Nur möglich mit Synchrotron als Beschleuniger.
- Änderung der Extraktionsenergie von Zyklus zu Zyklus um so "aktiv" verschiedene Bragg Spitzen zu überlagern.



- Keine Strahlverluste.
- Keine patientenspezifischen Anfertigungen.

Aktive Strahlaufbereitung

Principle of GSI raster scanning system.



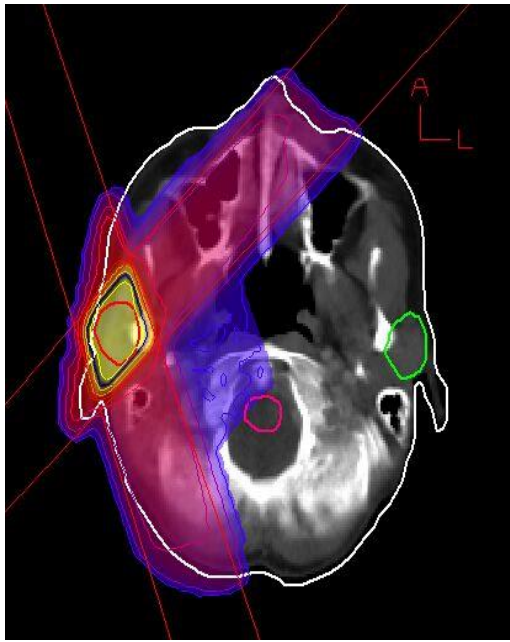
Courtesy of GSI



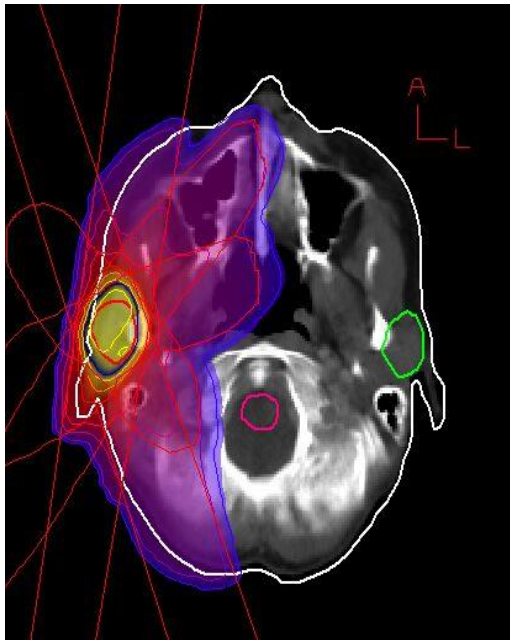
Vergleichende Bestrahlungsplanung

Glandula parotid cancer (Ohrspeicheldrüsenkarzinom)

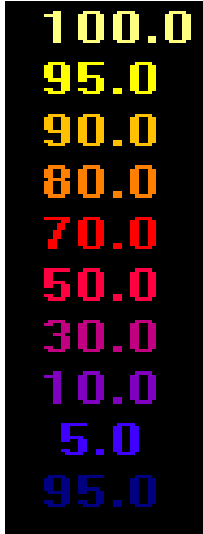
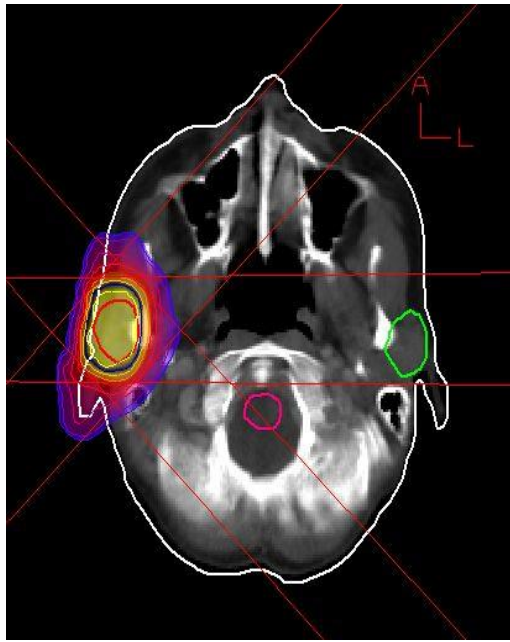
Photons 2 fields



Photons 5 fields



Protons 3 fields



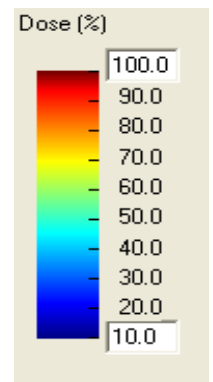
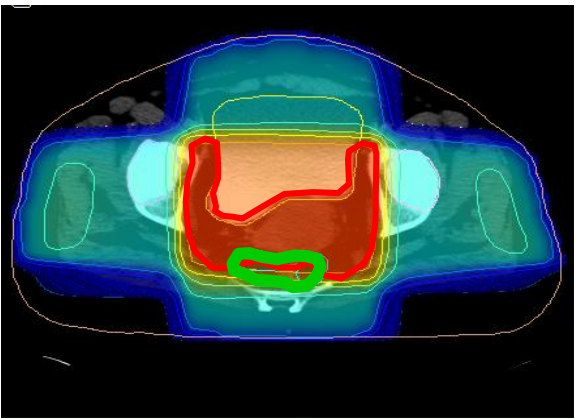
Universitätsklinik für Strahlentherapie und Strahlenbiologie, AKH, Wien



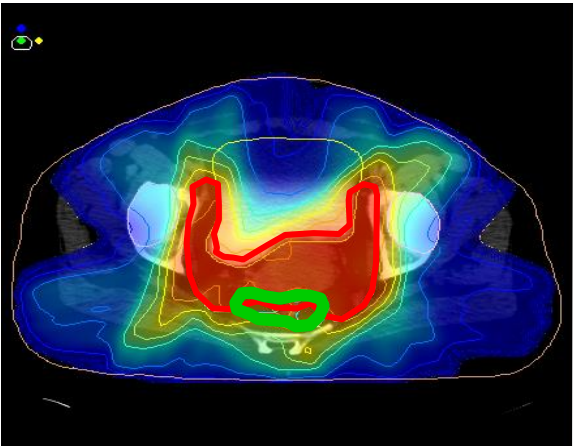
Vergleichende Bestrahlungsplanung

Cervical carcinoma

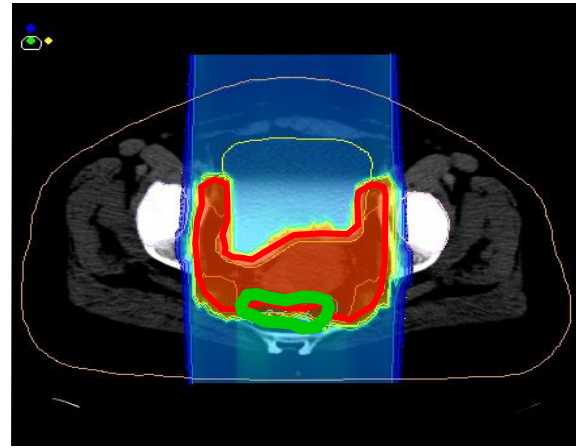
Conformal RT 4 fields



IMRT 7 fields



Protons 2 fields



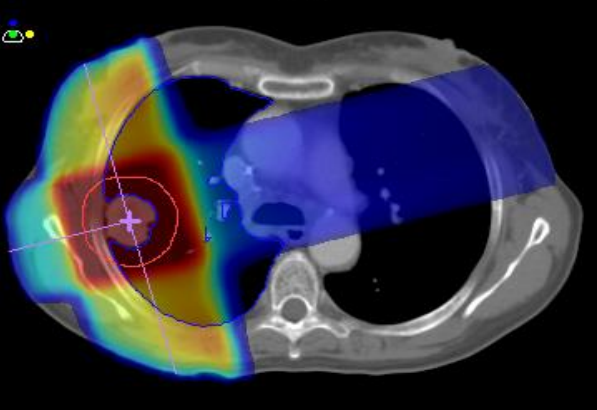
Universitätsklinik für Strahlentherapie-Radioonkologie, Innsbruck



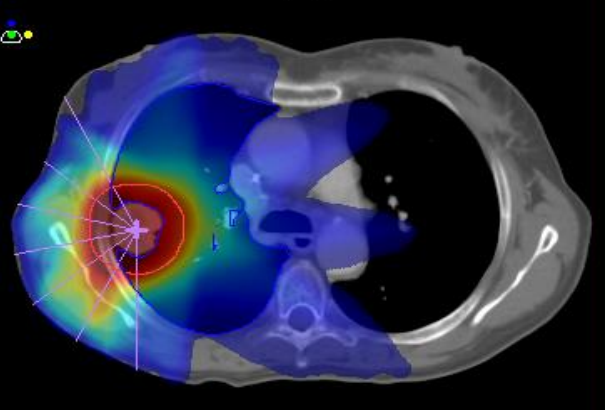
Comparative Treatment Plannings

Bronchial cancer

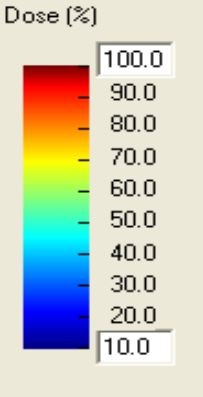
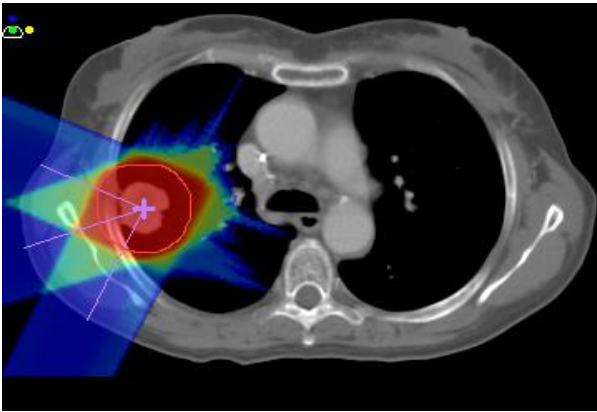
Photons 3 fields



Photons 7 fields



Protons 3 fields



Universitätsklinik für Strahlentherapie-Radioonkologie, Innsbruck

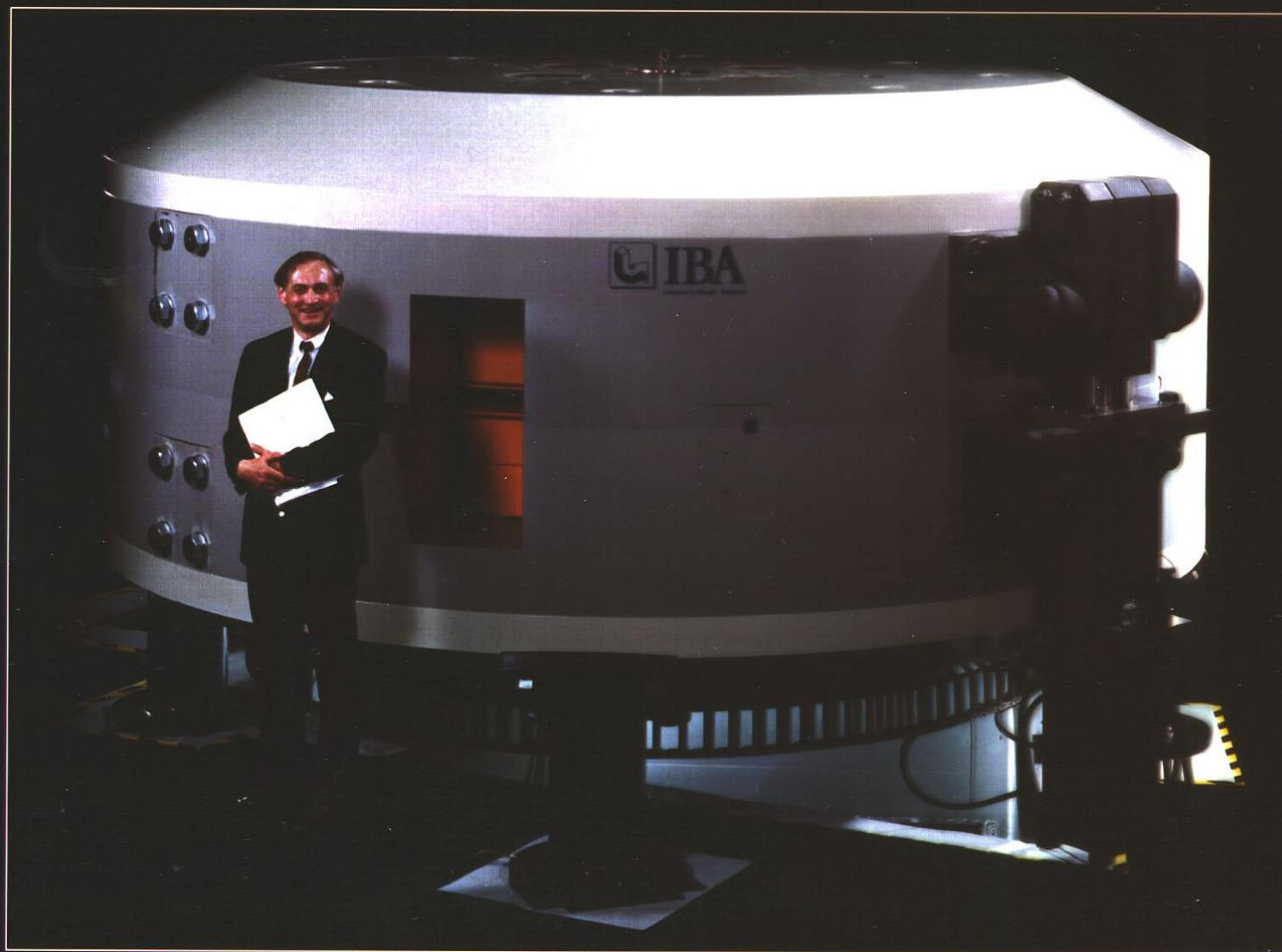


Bisherige Erfahrungen in der Medizin

- **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.**

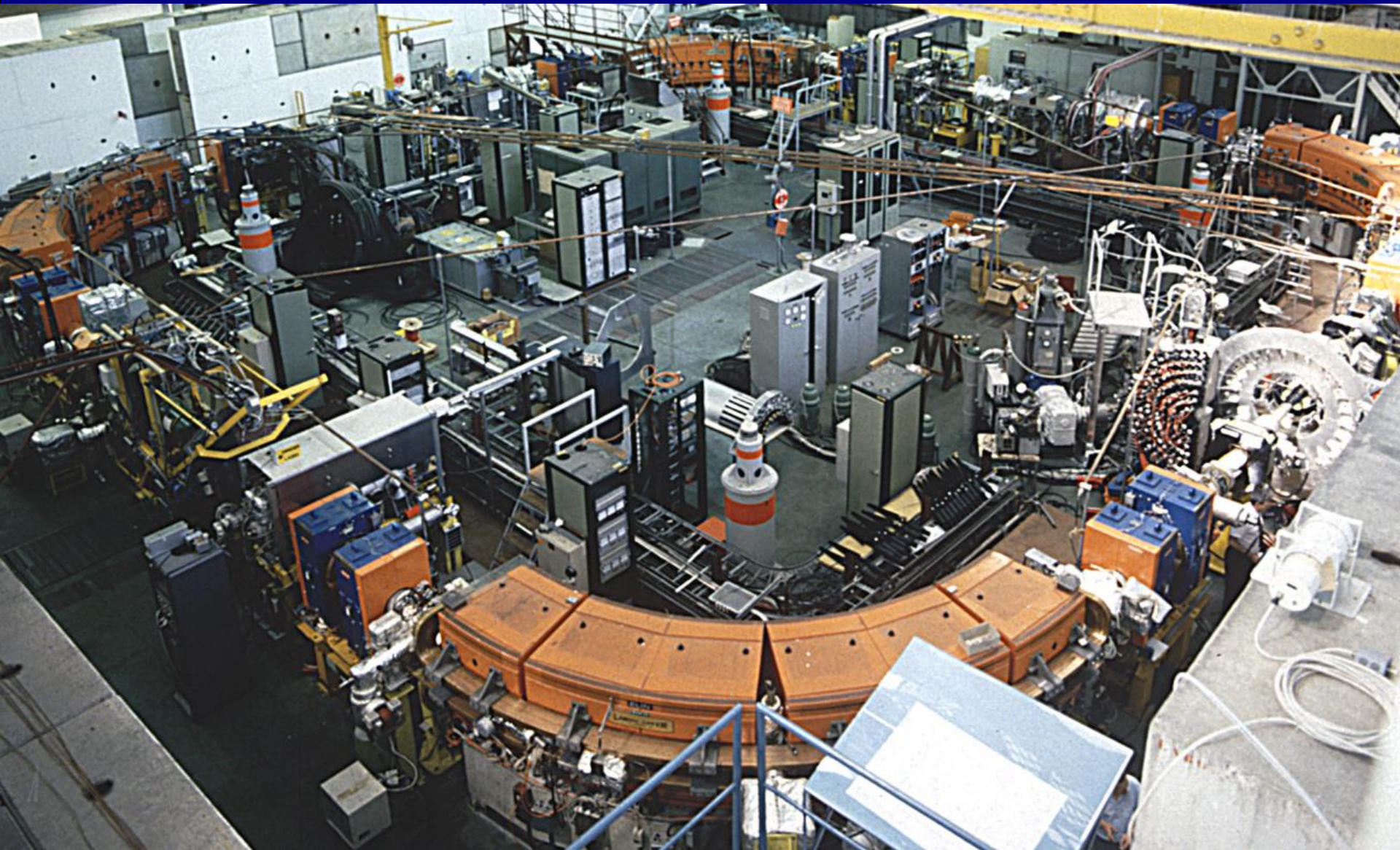


235 MeV Zyklotron (IBA Cyclone 235)



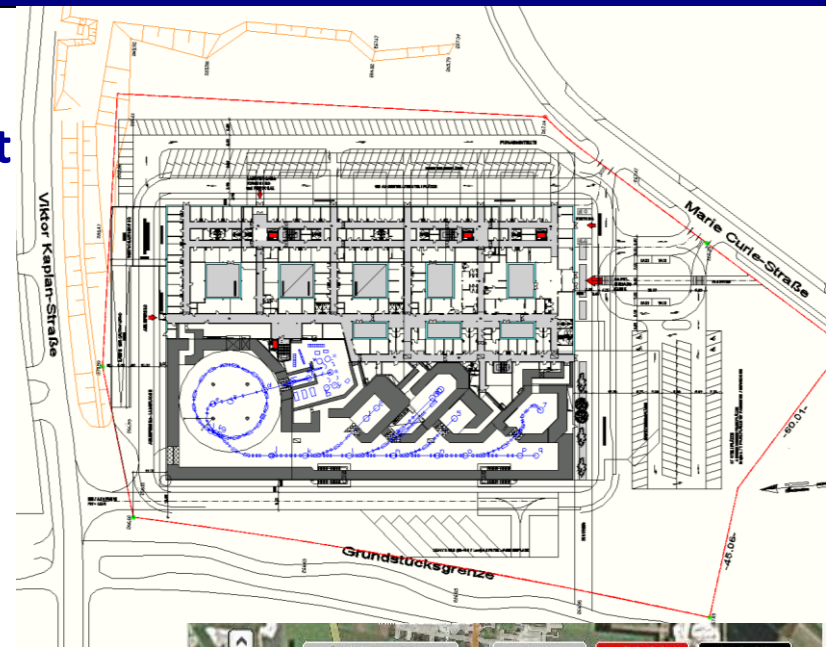


CERN LEAR ~ 1.2 GeV Synchrotron



Projektziele - MedAustron

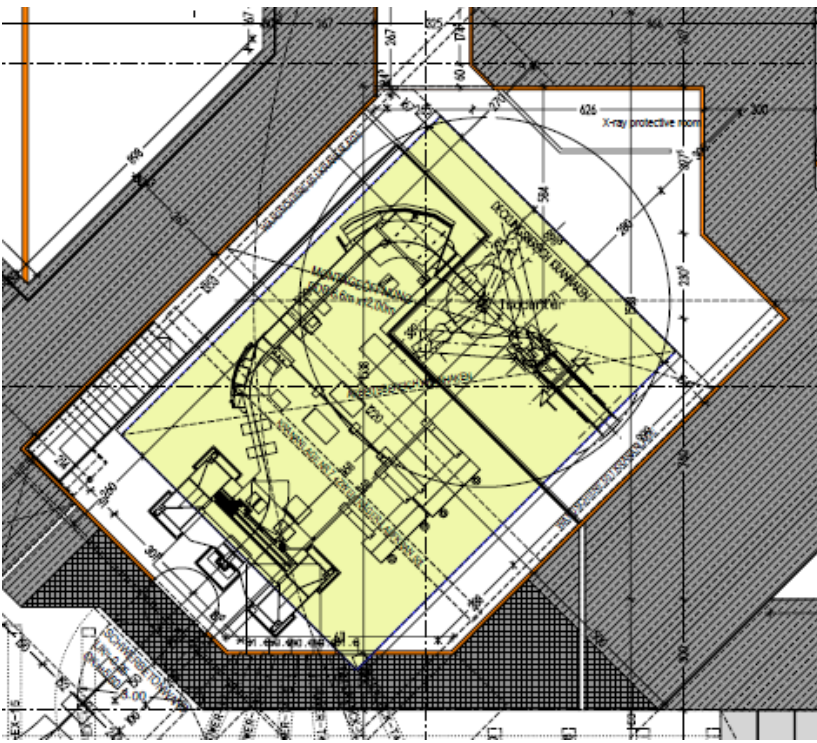
- **Projekt zur Errichtung eines Ionentherapie- und Forschungszentrums in Wiener Neustadt**
 - Protonen- und Kohlenstoffionentherapie, klinische Forschung
 - Nicht-klinische Forschung (NKF)
 - Strahlenbiologie und Medizinphysik
 - Experimentalphysik
 - Strahlbetrieb 7Tage/24Stunden
 - Etwa gleiche jährliche 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

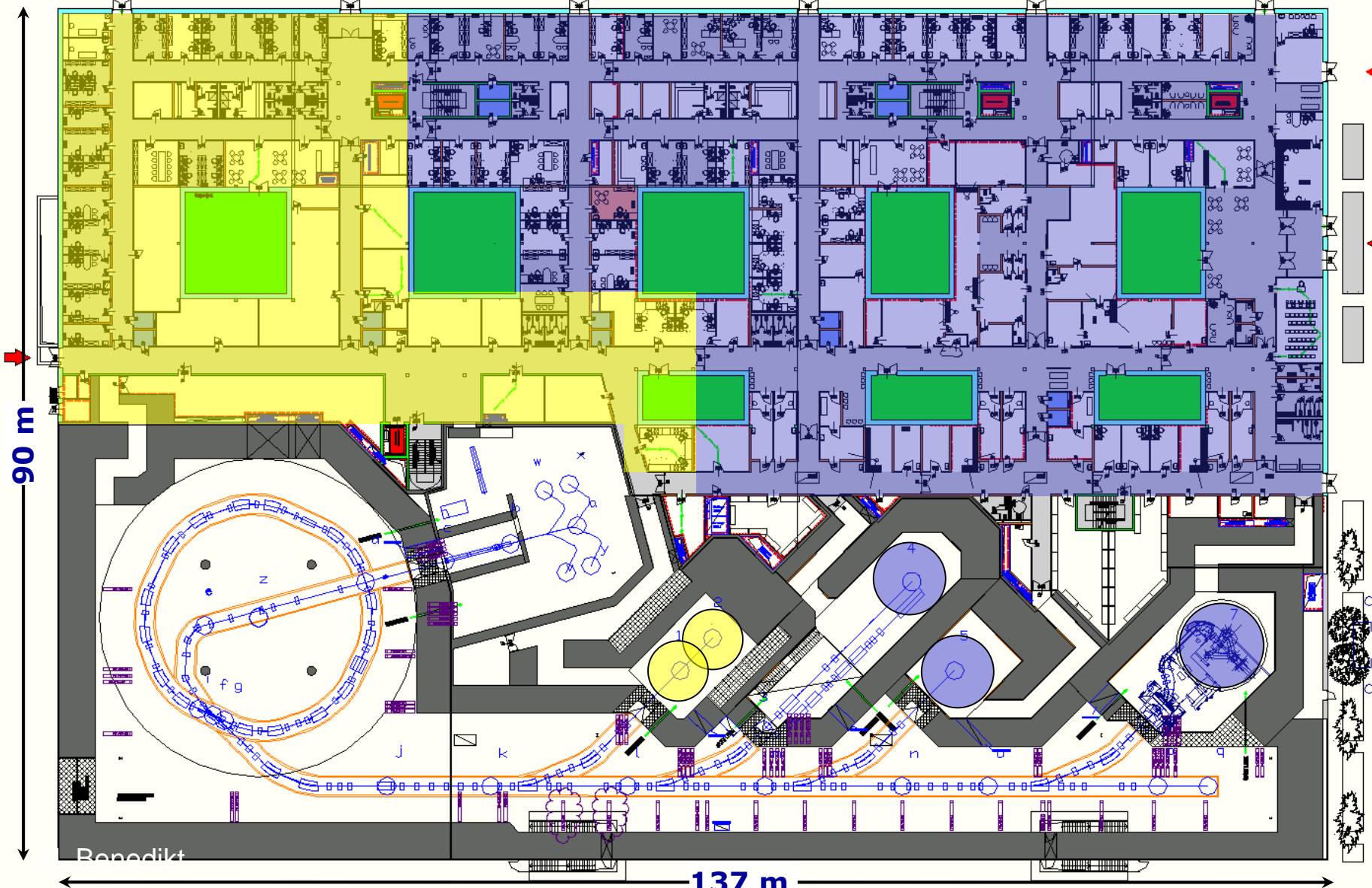


Erdgeschoss – Strahlebene: Funktionsbereiche

Personaleingang ↓ (Medizin, Forschung, Technik)

Retung

Patienten



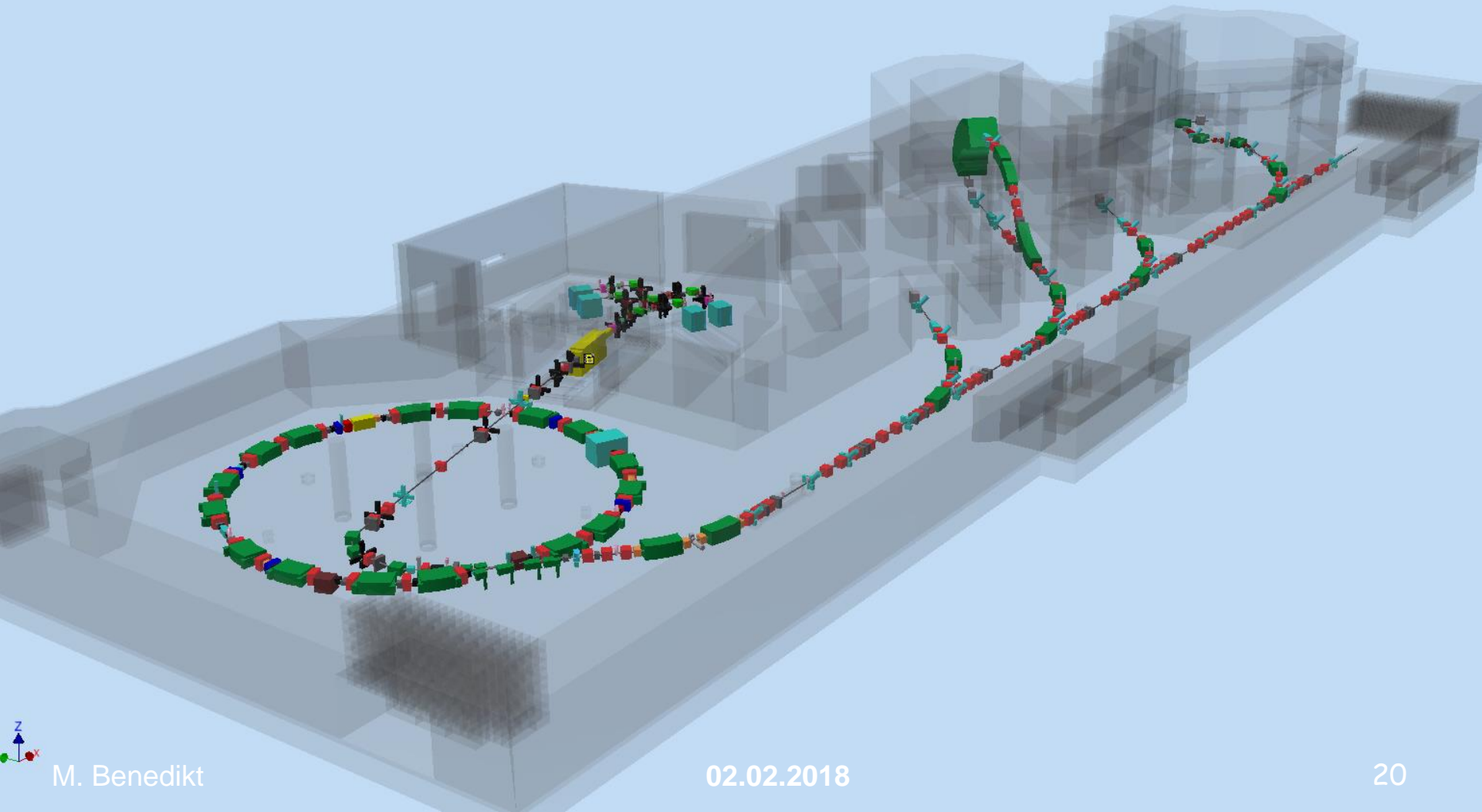
90 m

137 m

Benedikt



MedAustron Beschleunigeranlage

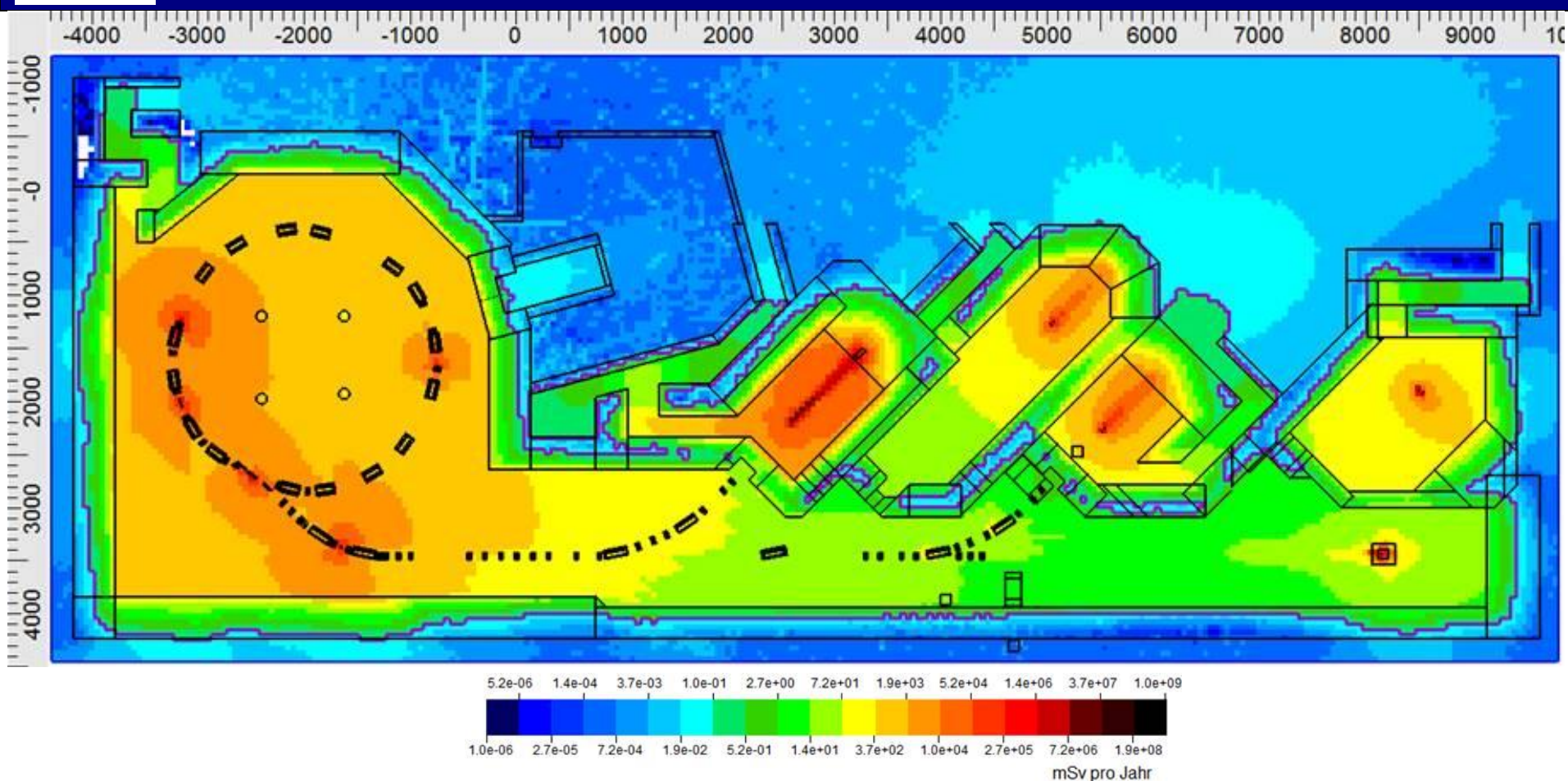




Beschleunigerentwicklung mit CERN

- **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

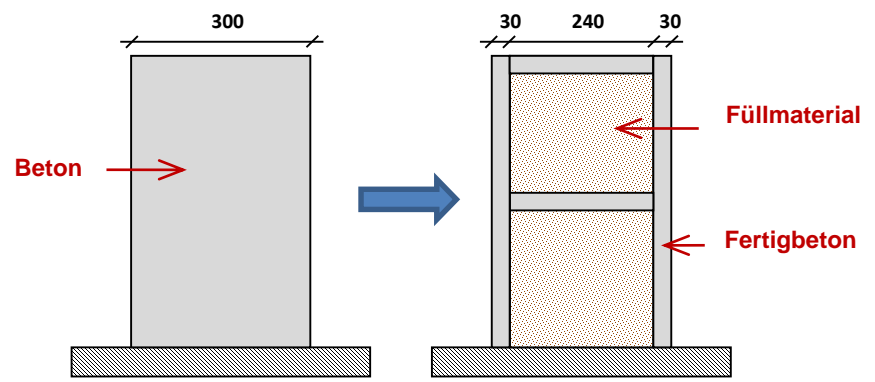


Entsprechende Abschirmwände, um im Außenbereich der Teilchenbeschleunigeranlage die gesetzlichen Grenzwerte für ionisierende Strahlung einzuhalten.

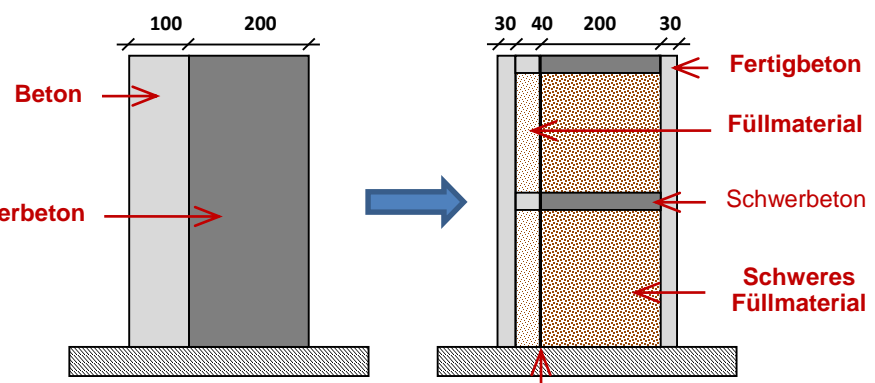
(Violette Linie markiert die angestrebte Dosisgrenze von 0.1 mSv (Faktor 10 unter gesetzlichen Limit))

Strahlenschutzbauwerk

- Ersatz der Vollbetonabschirmwände durch gefüllte Fertigbetonstrukturen
 - Ersparnis 25.000 m³ Beton, Anlieferung, etc,...



(a)



(b)





Status – August 2011 November 2011





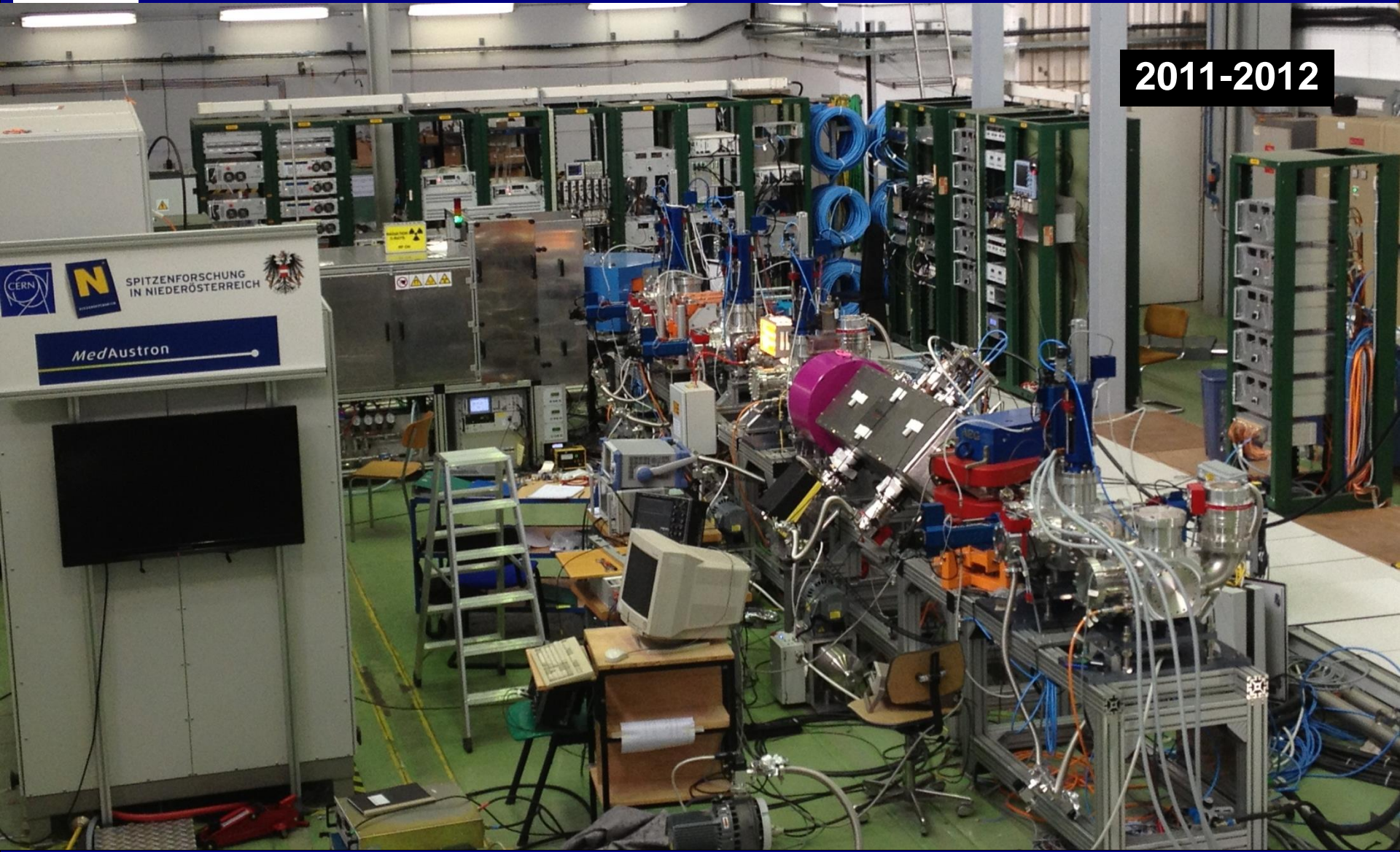
Ausführung Strahlenschutzbauwerk März 2012





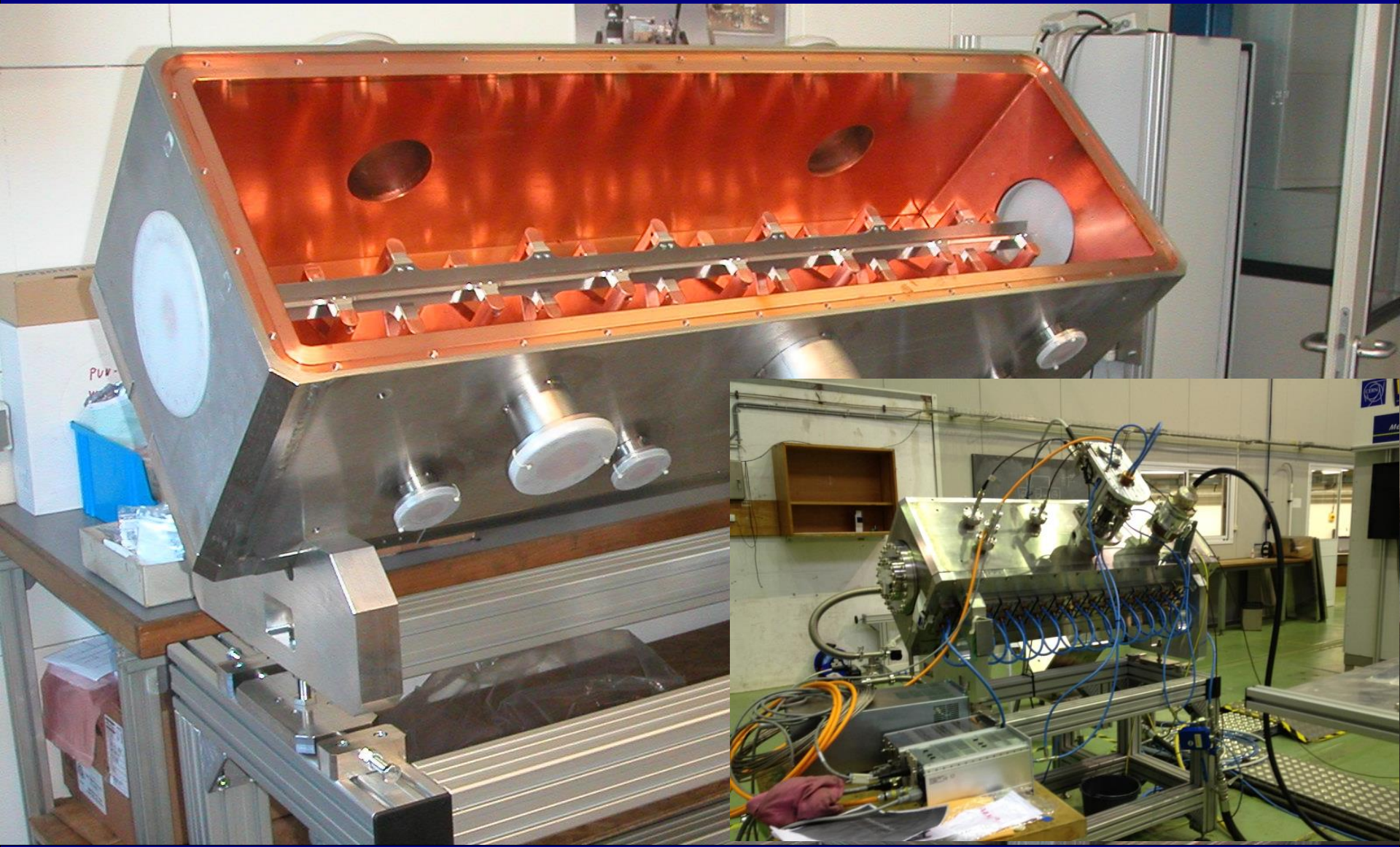
MedAustron Injektor Test Stand CERN

2011-2012





RadioFrequenzQuadrupol - Neuproduktion





MedAustron in Wiener Neustadt



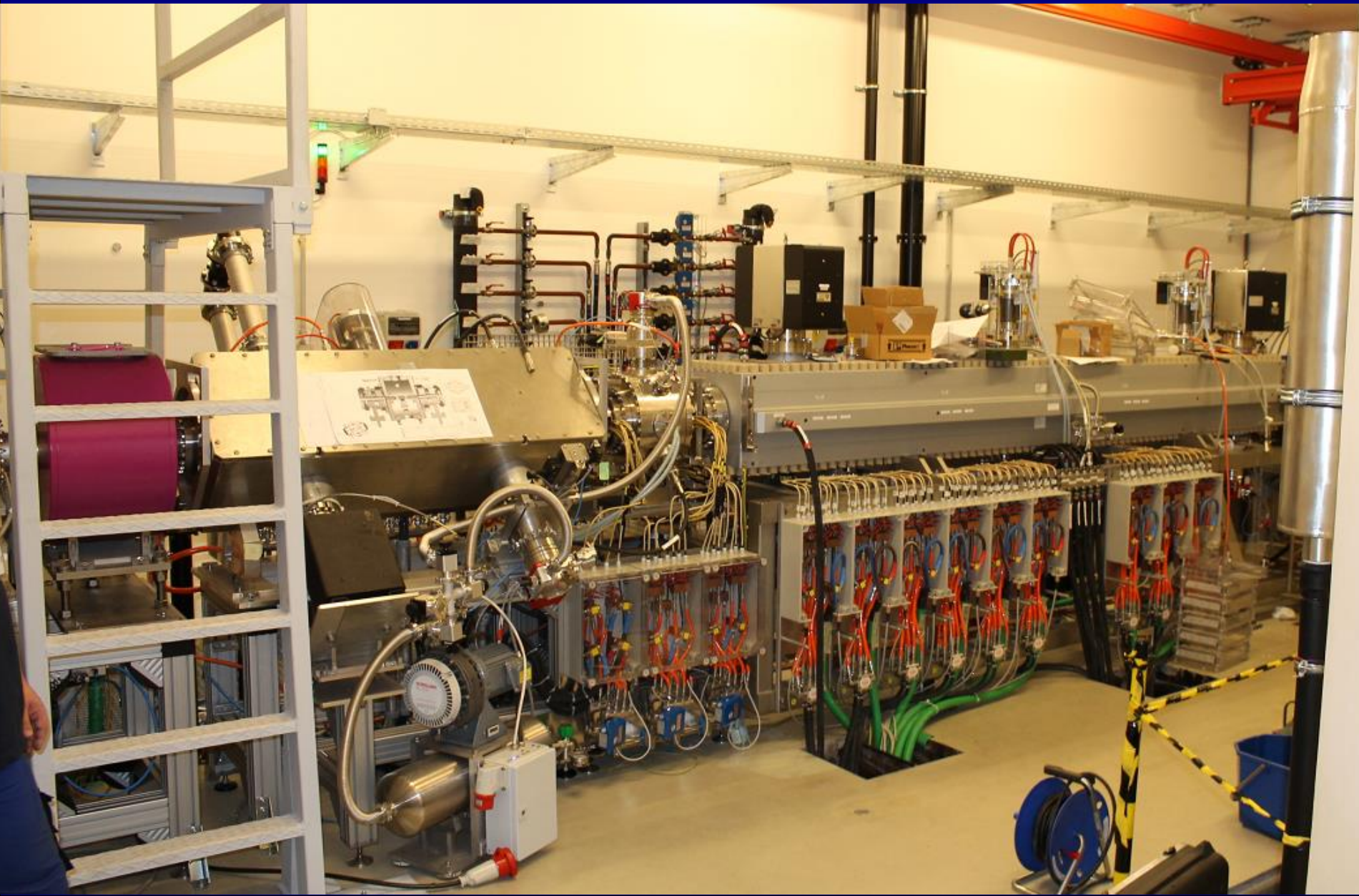


Injektorhalle: Ionenquellen





Injektorbunker: RFQ, IH-DTL

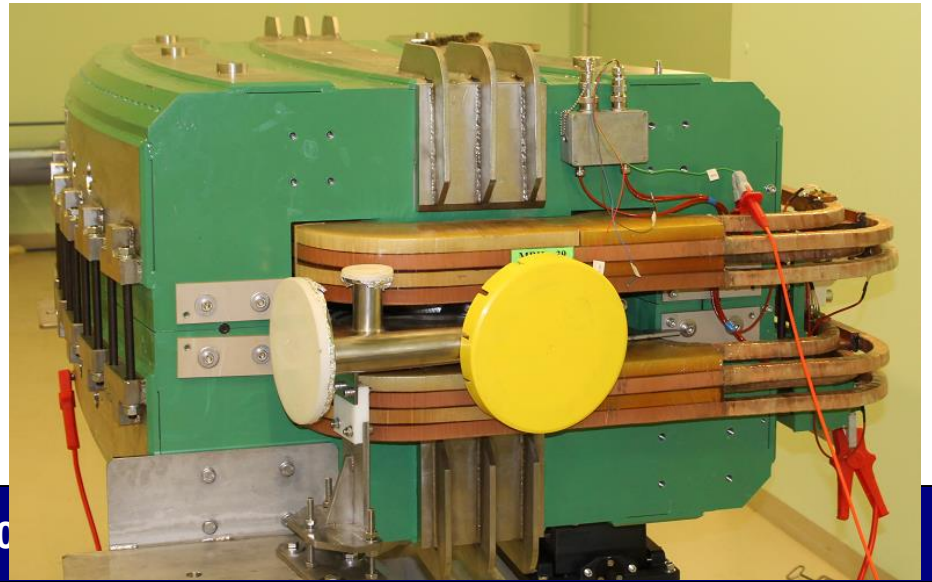
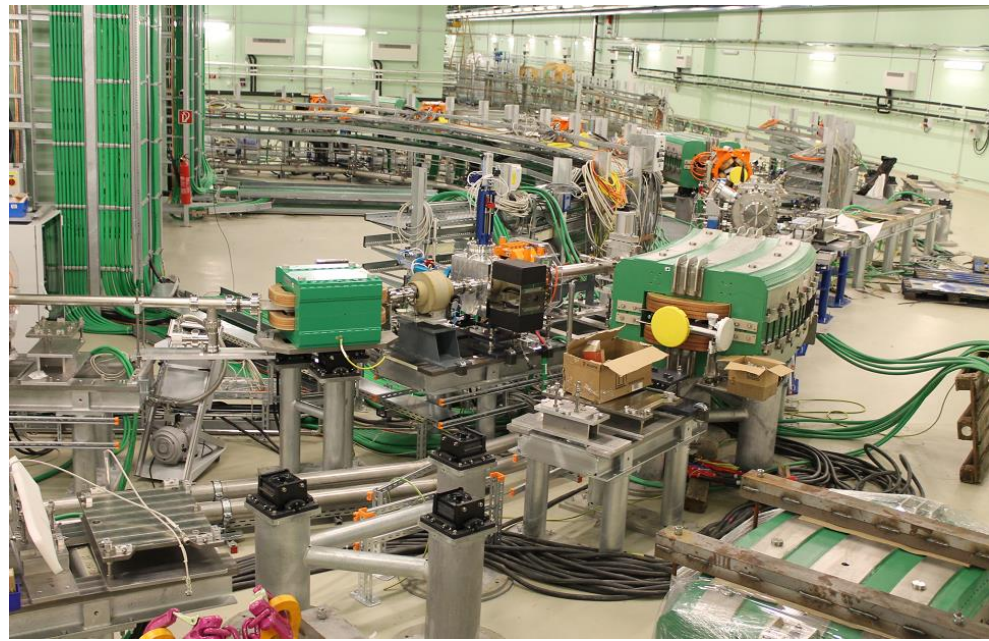




Synchrotron, Magnete, Kontrollraum



(Nov. 2013)

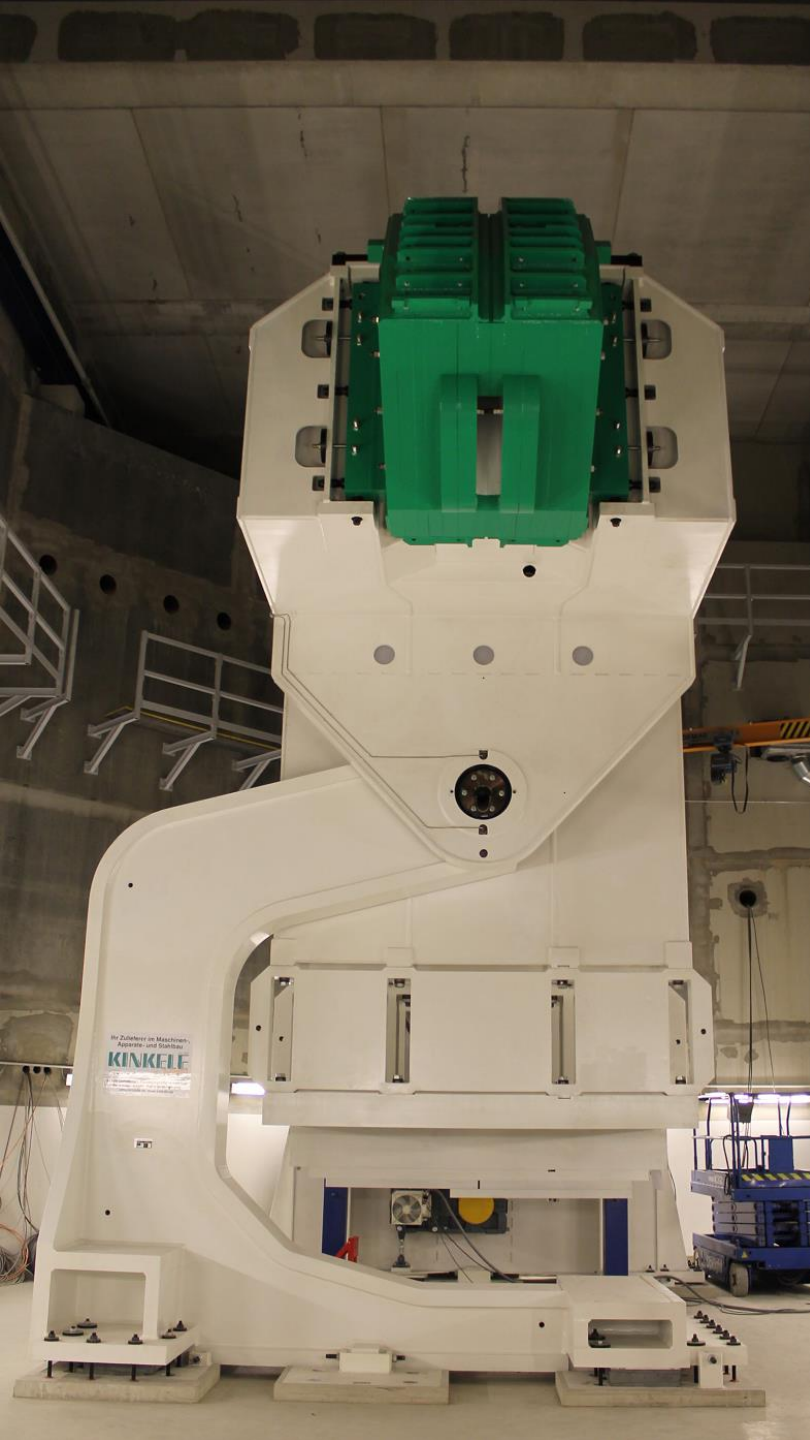




Power Converter Halle, IH HF Verstaerker



Gantry





Synchrotron installed





Erster Strahlumlauf 7. April 2014

Luminescent Screen Device Control v0.2.1.535

MR-00-000-SLU

MedAustron^N

Control Values

Trigger Mode*

Exposure Time [s]*

Enable Lamp* Lamp Enabled

Readback Values

No. of Acquired Images

No. of Decoded Images

Basic Measurement FECOS commands Logger

Pneumatic Motion System

 Quick Status

Command Response

FEC Response

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

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



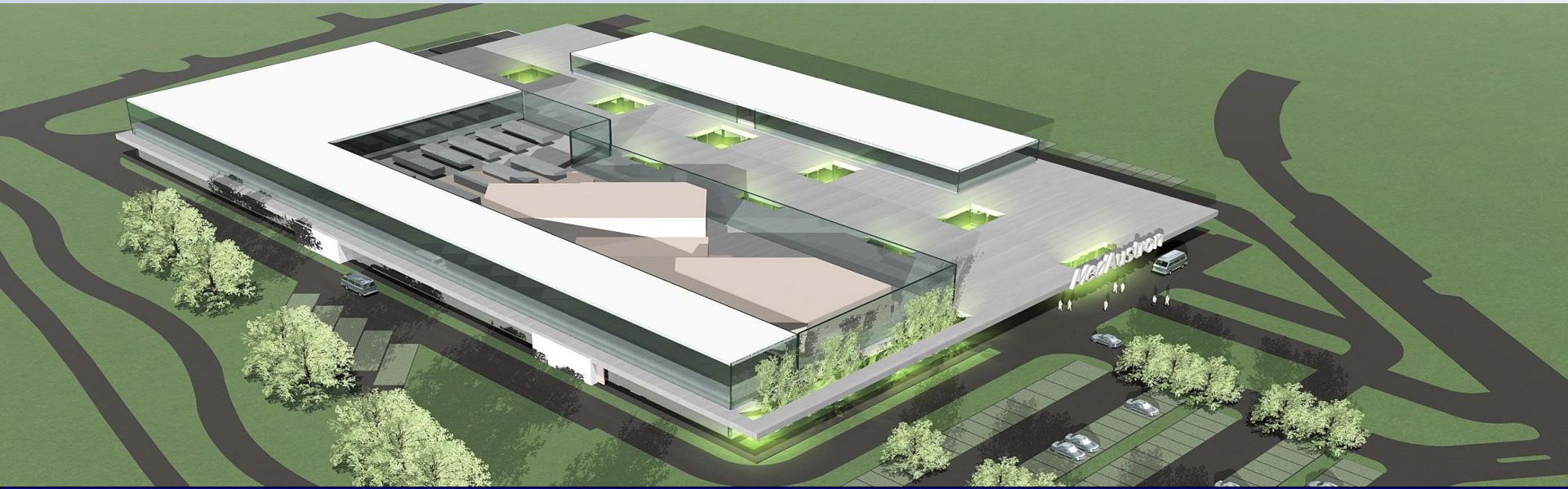
Behandlungsrauminstallation





Projektzeitplan

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





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.