



MedAustron

Das Österreichische Ionentherapie- und Forschungszentrum



16. November 2015

Michael Benedikt, CERN



Inhalt

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

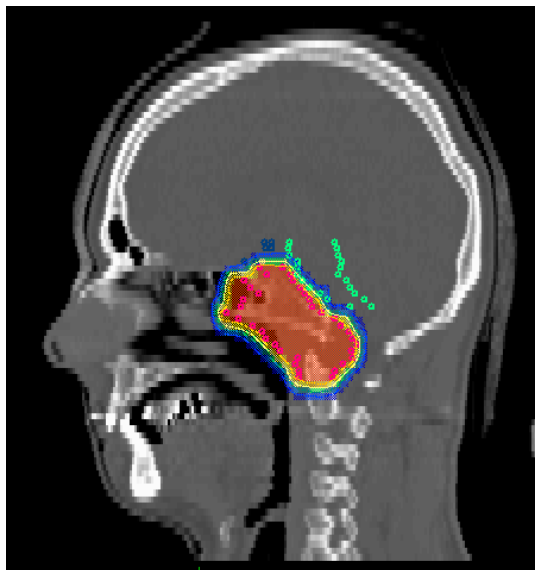
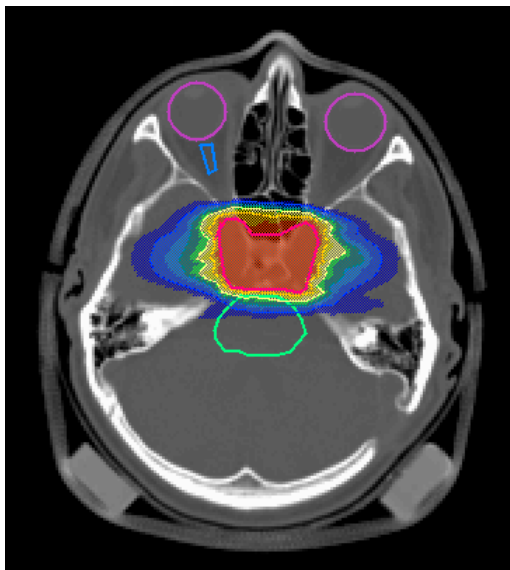
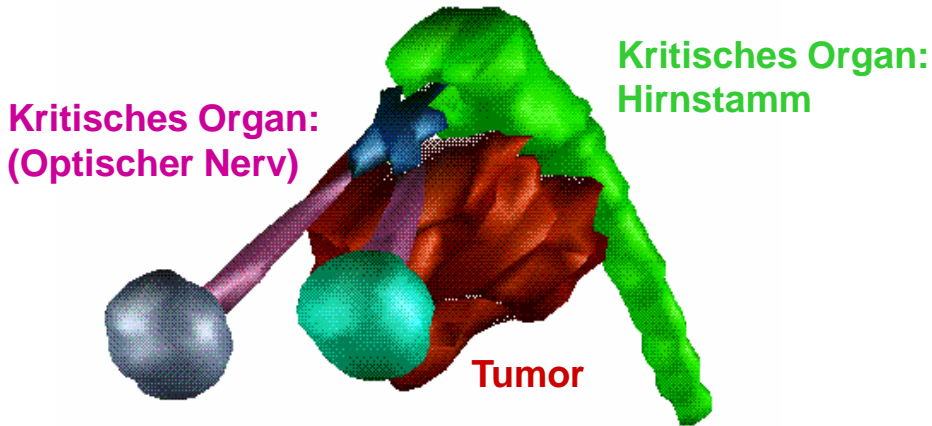
Radiotherapie

- 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

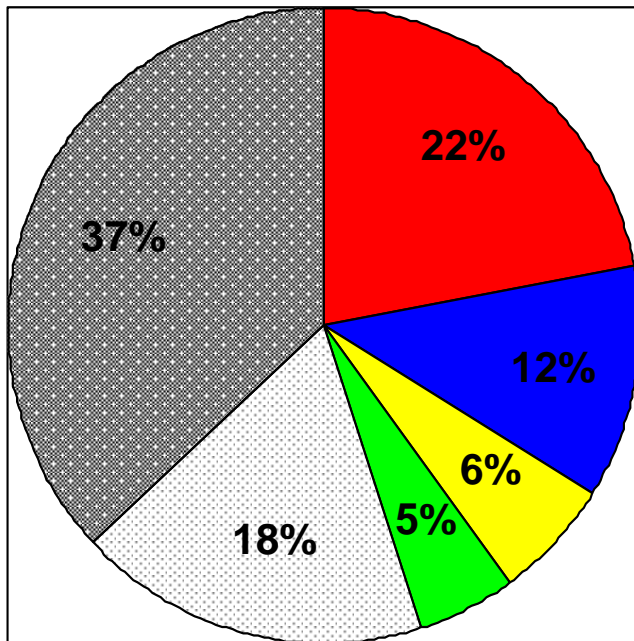


Courtesy GSI



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.

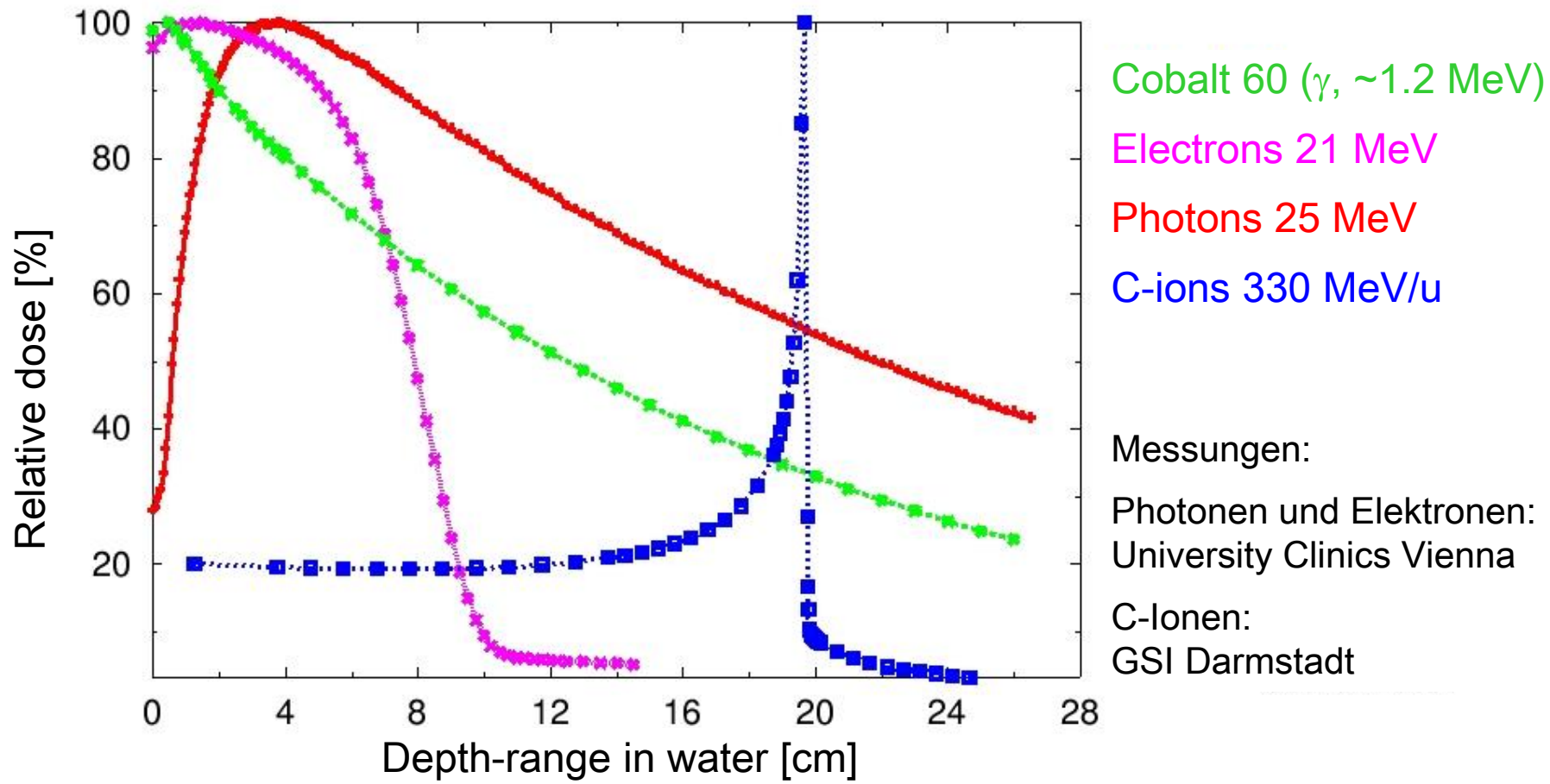


- **Surgery**
- **Radio therapy**
- **SU + RT combined**
- **Other (chemo)**
- **No cure loco-regional**
- **No cure non regional**



Tiefendosiskurven – “Bragg-Spitze”

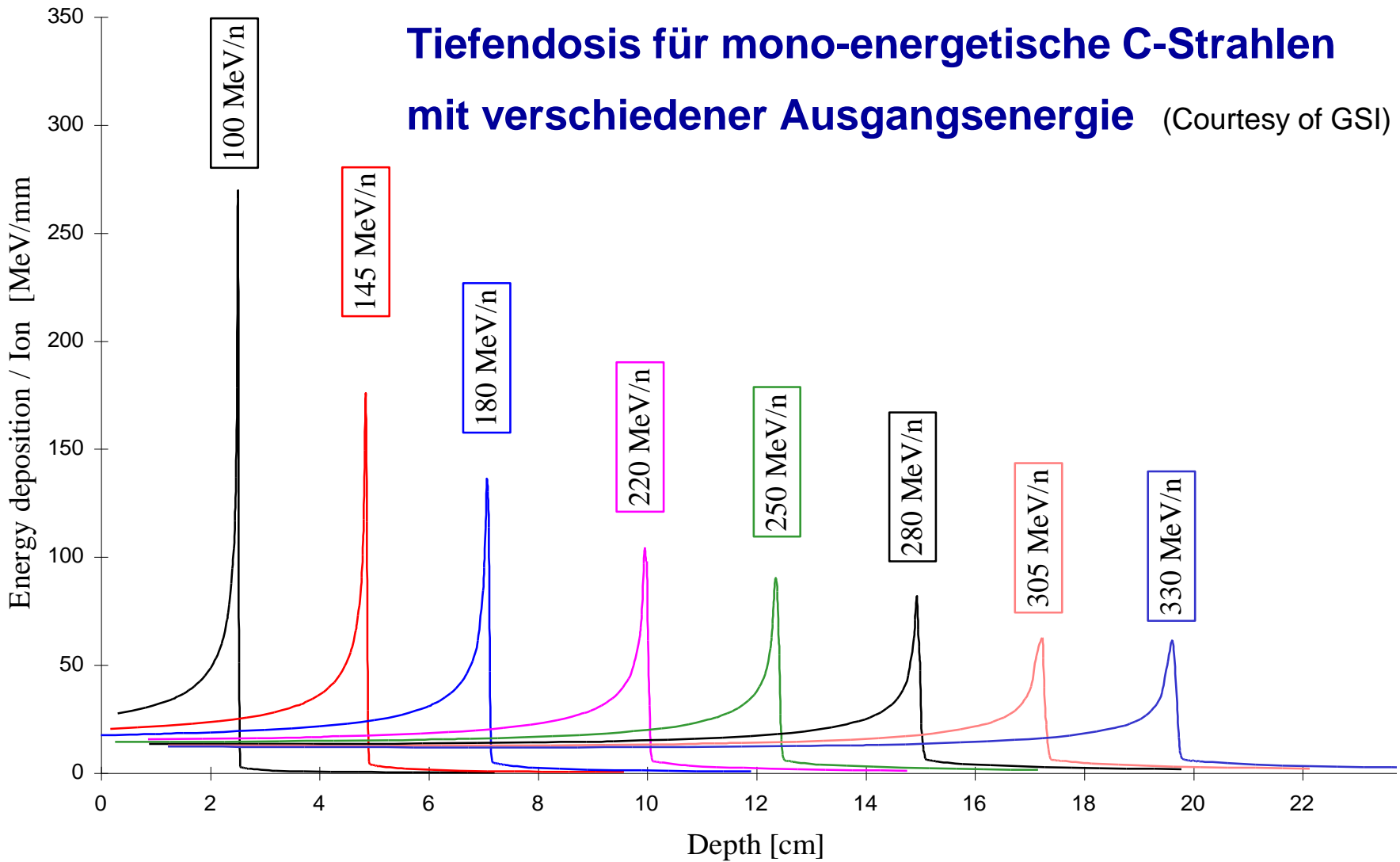
Messungen im Wasserphantom (~gewebeäquivalent)





“Bragg-Spitze” - Energieabhängigkeit

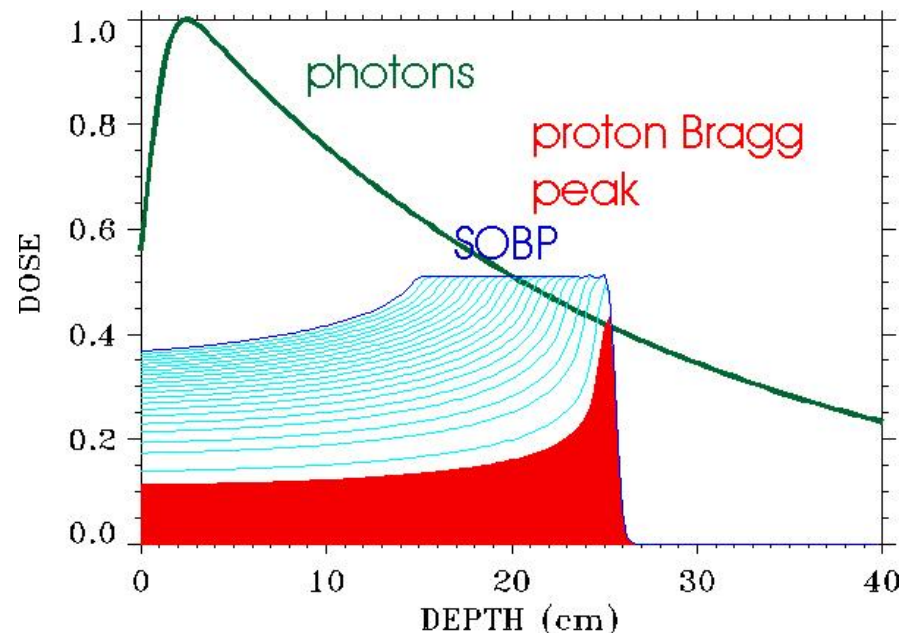
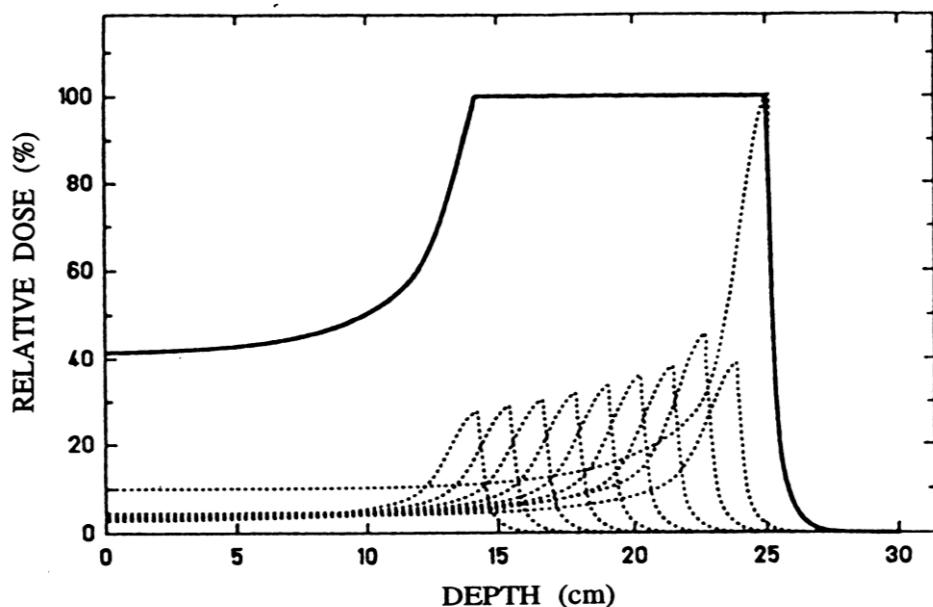
Tiefendosis für mono-energetische C-Strahlen mit verschiedener Ausgangsenergie (Courtesy of GSI)





Aufgeweitete “Bragg-Spitze”

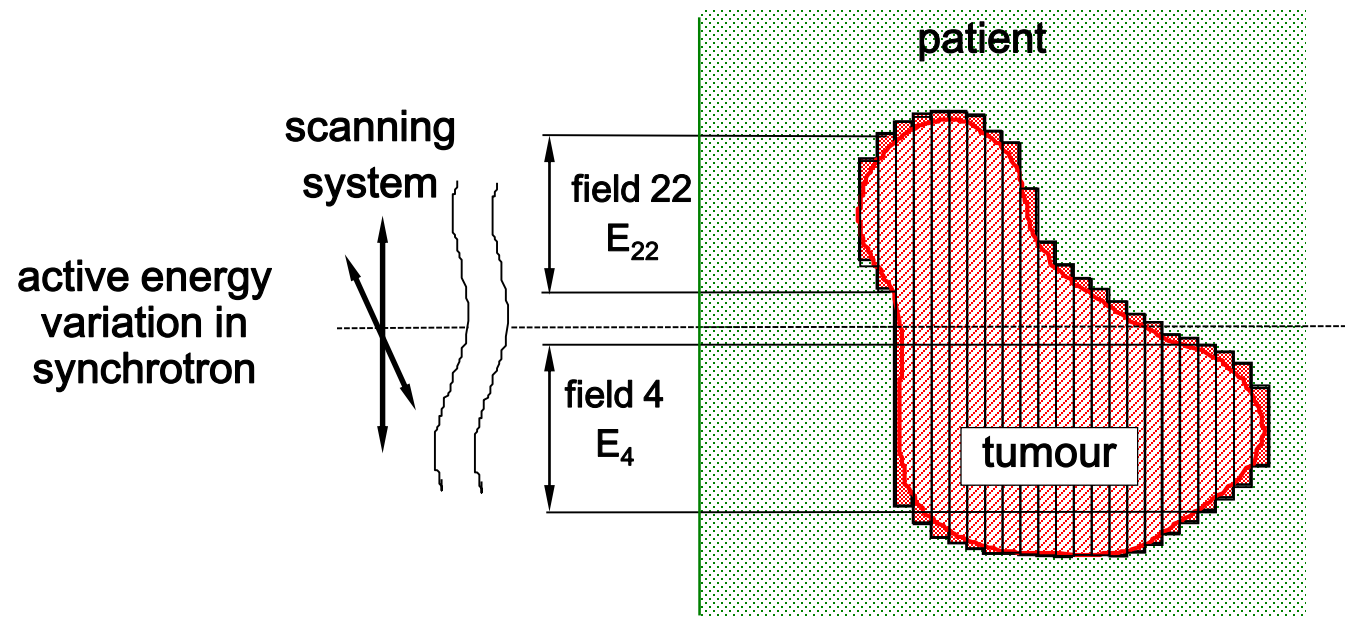
- **“Bragg-Spitze” muss “aufgeweitet” werden auf gesamte Tumordicke.**
 - Überlappung von Strahlen mit verschiedener Energie.
 - Aktive Energievariation (Synchrotron) oder passive (Zyklotron).



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

Aktive Strahlaufbereitung

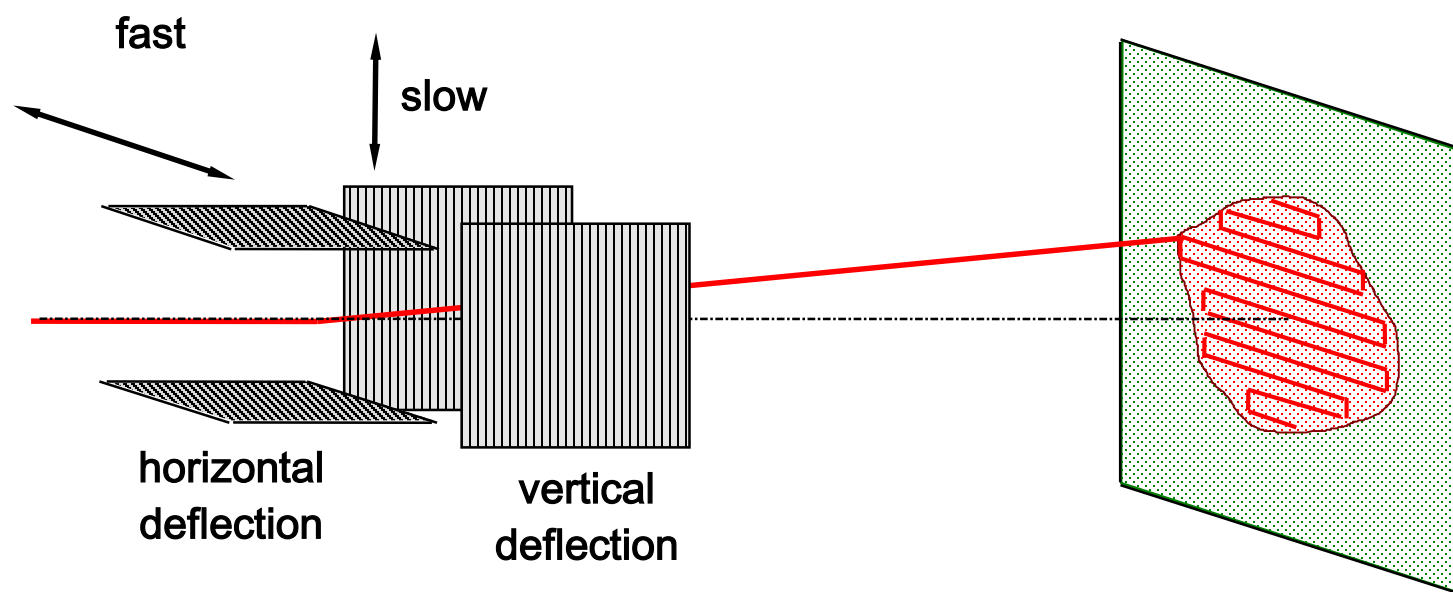
- Unterteilung des Tumors in Schichten unterschiedlicher Tiefe.
- Transversales scanning, Schicht für Schicht mit entsprechender Energie.
- Intensität und Strahlgröße einstellbar von Schicht zu Schicht.



- Beste erzielbare Dosisverteilung.
- **Starke Zeit-Ort Korrelation (Berücksichtigung bei Tumorbewegung).**

Aktives Abtasten (Scanning)

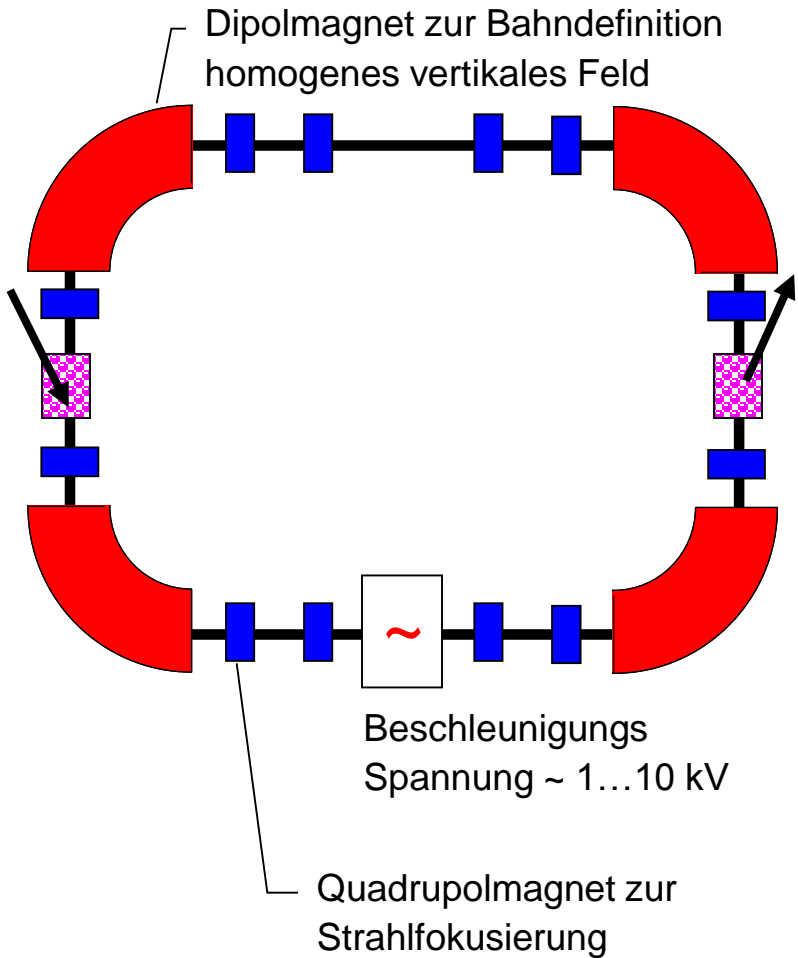
- **Transversales “scanning”** mit kleinem Strahl.
 - Strahlgröße einstellbar im Bereich 4 bis 10 mm.
- **Schnelle magnetische Ablenkung ($\leq 10\text{m/s}$).**



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

Prinzip des Synchrotrons (i)

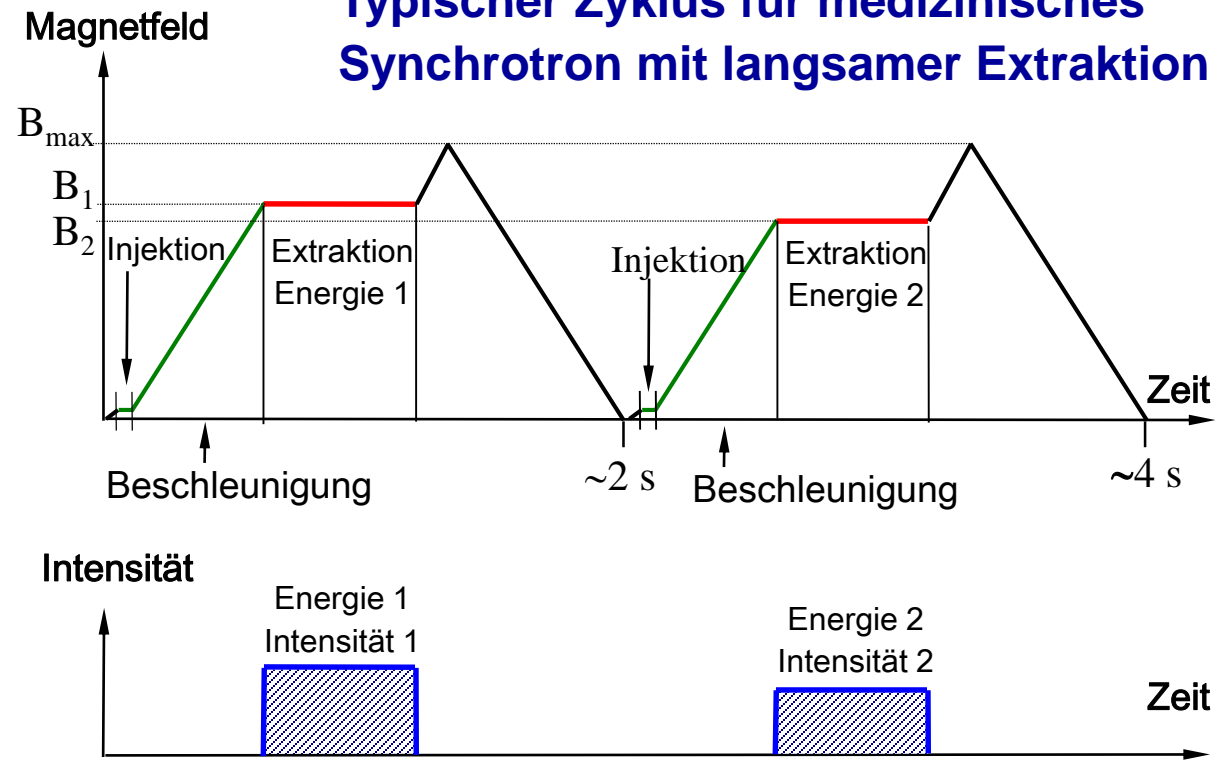
- Konstante Teilchenbahn.
- Dipole (homogenes vertikales Magnetfeld) definieren Sollbahn.
- horizontale Ebene $m_0\gamma v^2/r_0 = qvB$
- **Bedingung: $m_0\gamma v = m_0c\beta\gamma = p = q \cdot Br_0$**
- Magnetfeld B muss proportional zum Teilchenimpuls p steigen.
- Umlauffrequenz des Strahles ändert sich, und Hochfrequenz zur Beschleunigung muss folgen → SYNCHROTRON
- Typischer Umfang eines Synchrotrons fuer Ionentherapie 60 – 80 m





Prinzip des Synchrotrons (ii)

Typischer Zyklus für medizinisches Synchrotron mit langsamer Extraktion

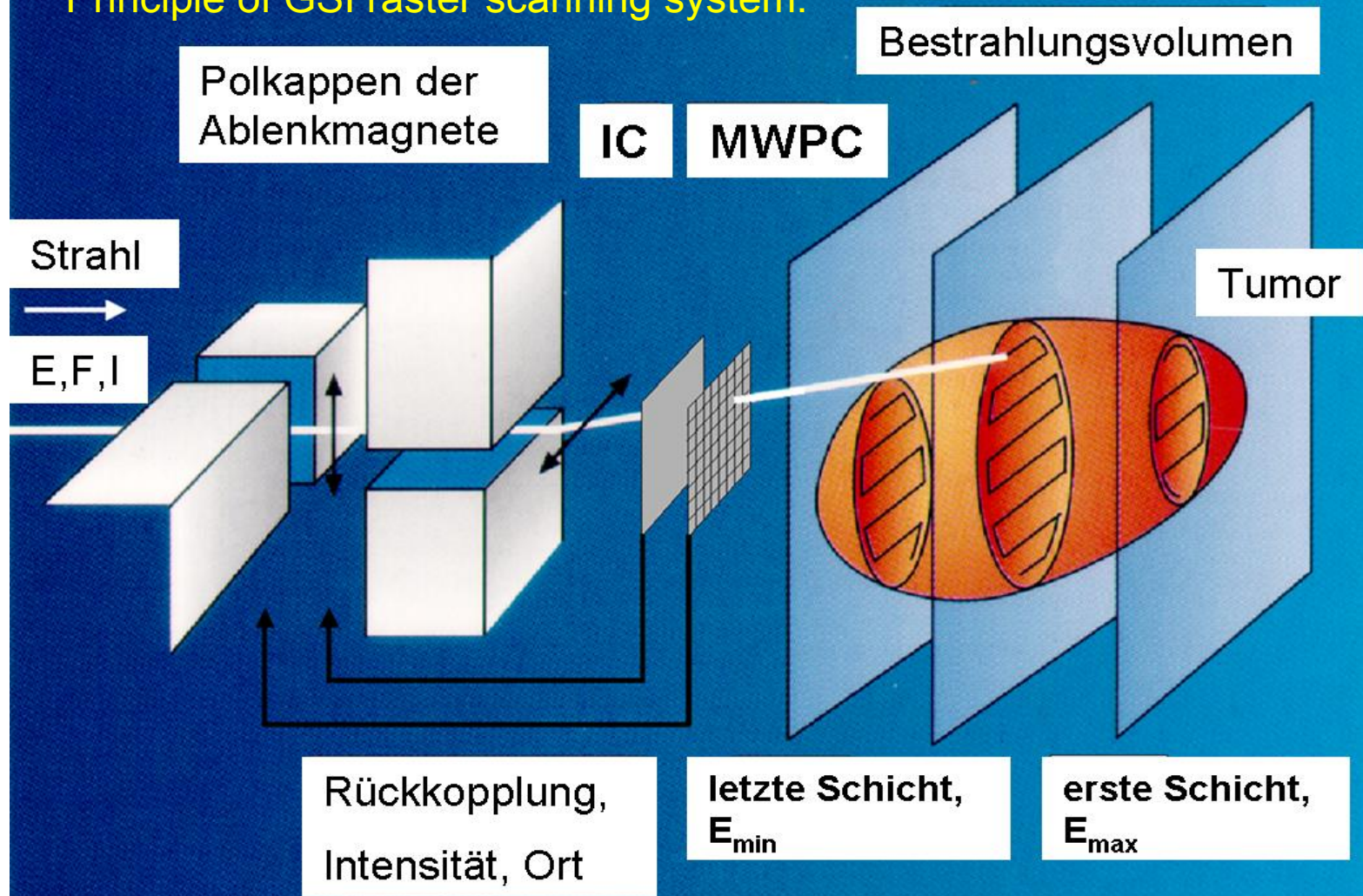


• **Strahlstruktur: gepulst, Energie variabel, Intensität variabel**

• **Änderung der Extraktionsenergie von Zyklus zu Zyklus um so "aktiv" verschiedene Bragg Spitzen zu überlagern.**

Aktive Strahlaufbereitung

Principle of GSI raster scanning system.



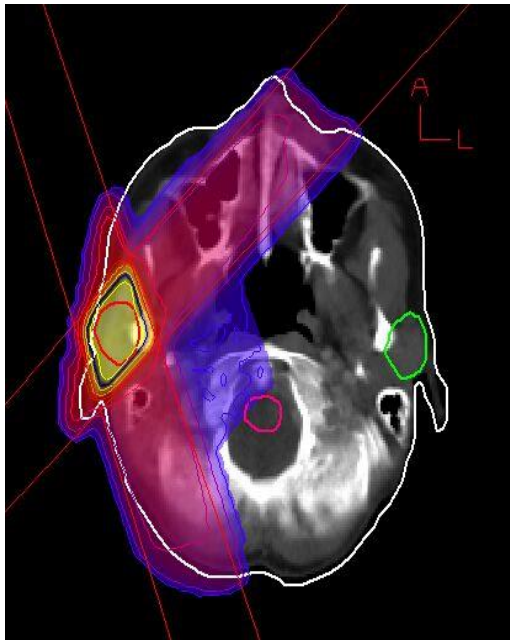
Courtesy of GSI



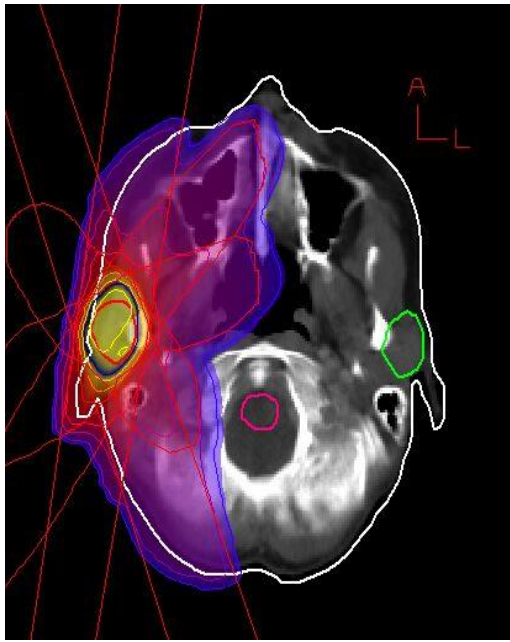
Vergleichende Bestrahlungsplanung

Glandula parotid cancer (Ohrspeicheldrüsenkarzinom)

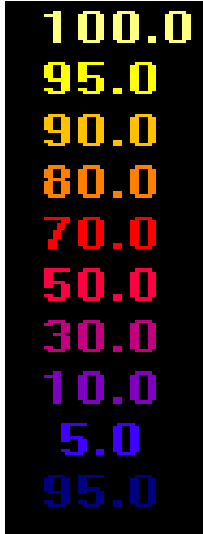
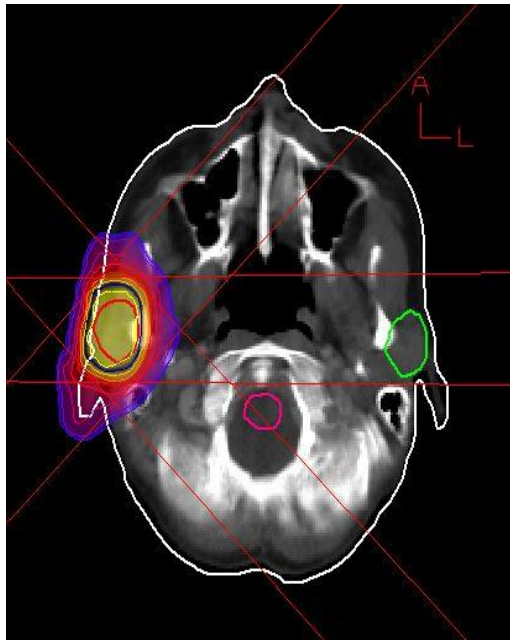
Photons 2 fields



Photons 5 fields



Protons 3 fields



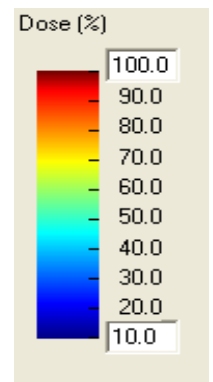
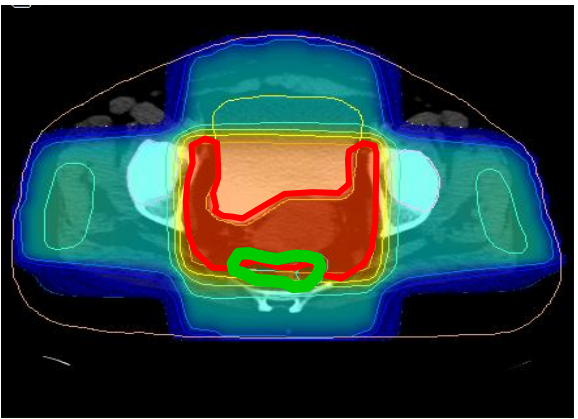
Universitätsklinik für Strahlentherapie und Strahlenbiologie, AKH, Wien



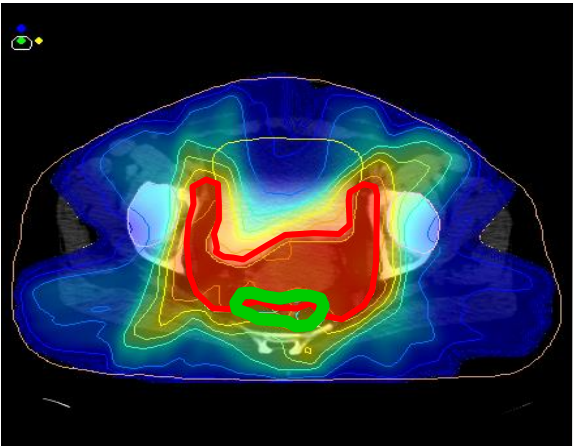
Vergleichende Bestrahlungsplanung

Cervical carcinoma

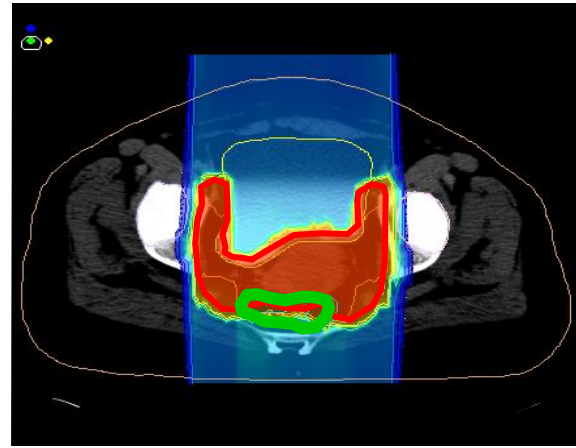
Conformal RT 4 fields



IMRT 7 fields



Protons 2 fields

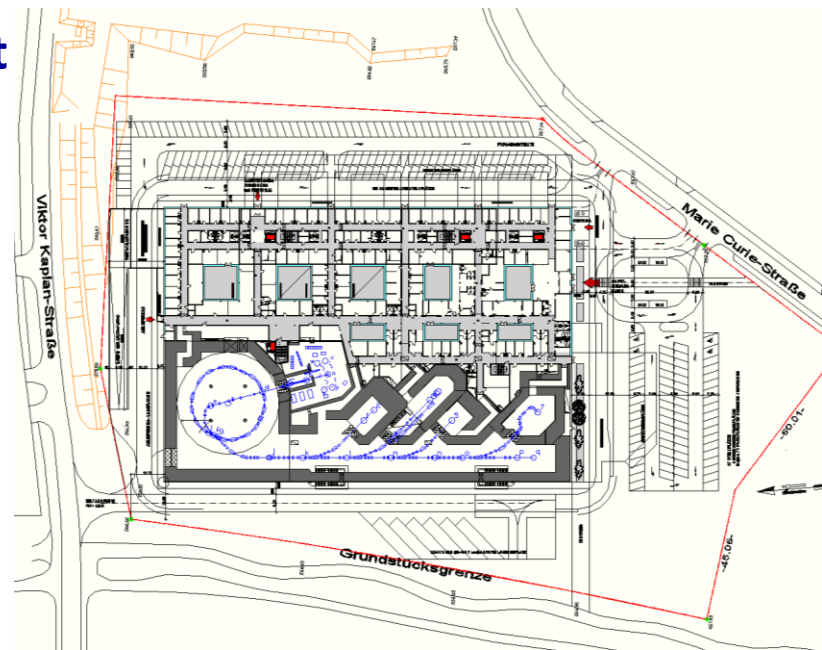


Universitätsklinik für Strahlentherapie-Radioonkologie, Innsbruck

Projektziele - MedAustron

- **Projekt zur Errichtung eines Ionentherapie- und Forschungszentrums in Wiener Neustadt**

- Protonen- und Kohlenstoffionentherapie, klinische Forschung
- Nicht-klinische Forschung (NKF)
- Strahlbetrieb 7Tage/24Stunden
- Etwa gleiche jährliche Strahlzeiten für klinischen Betrieb und NKF



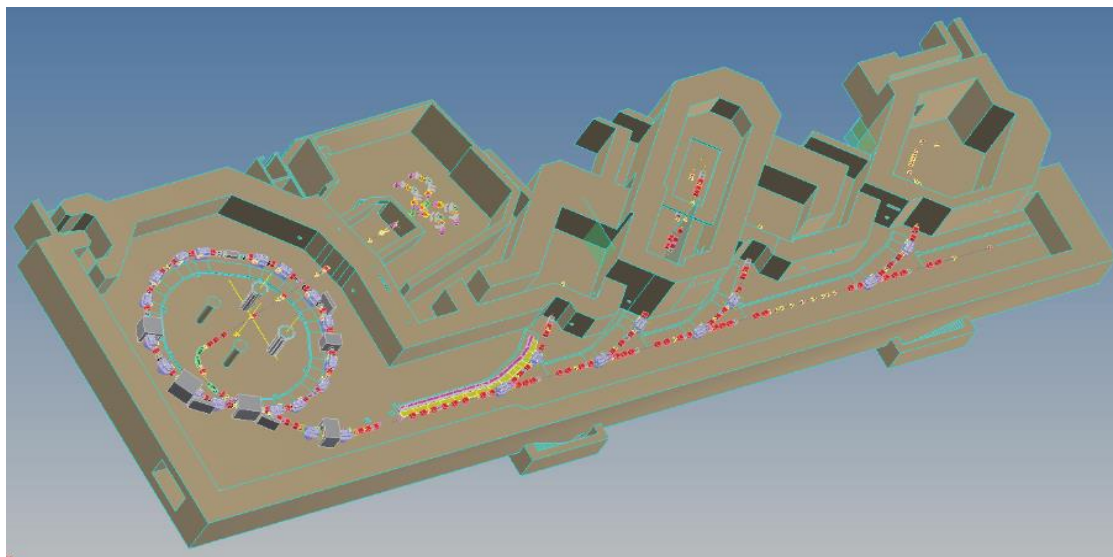
- **Synchrotron Beschleunigeranlage zur Erzeugung von Protonen- und Ionenstrahlen**

- Betriebsphase 1: Protonen und Kohlenstoffionen
- Später erweiterbar auf andere leichte Ionen (He, O,..) mit Ladung/Masse $> 1/3$.

Bestrahlungsräume

- **Medizinische Bestrahlungsräume**

- IR2: Horizontalstrahl, Protonen und Kohlenstoffionen
- IR3: Horizontal- und Vertikalstrahl, identisches Isozentrum, p, C
- IR4: Gantry (-30/+180), nur Protonen



- **NKF Bestrahlungsraum**

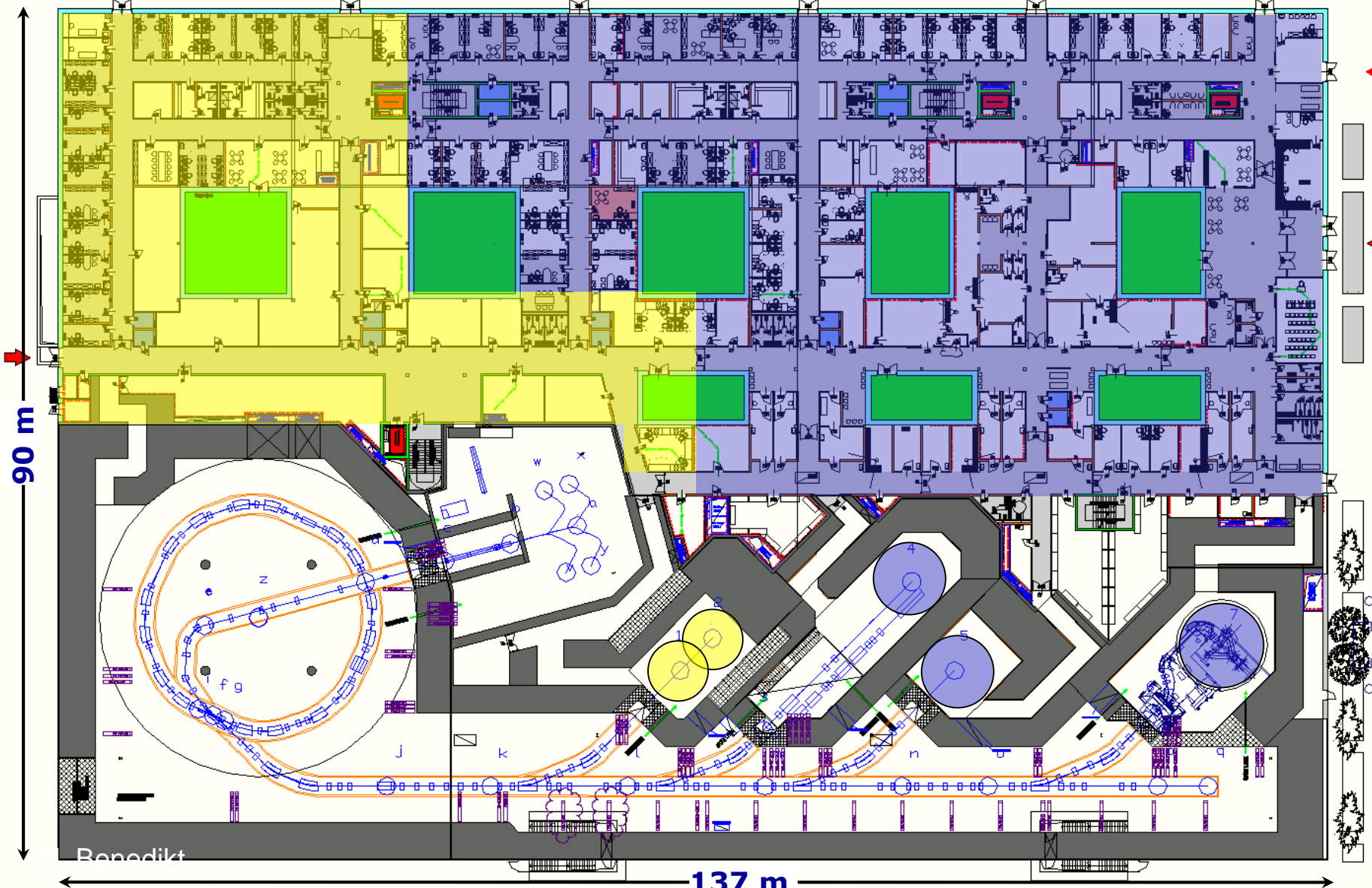
- IR1: Horizontalstrahl, p (bis 800 MeV)
 - Variables Isozentrum 5 m verschiebbar, Versorgung mehrere Experimente

Erdgeschoss – Strahlebene: Funktionsbereiche

Personaleingang ↓ (Medizin, Forschung, Technik)

Rettung

Patienten



90 m

137 m

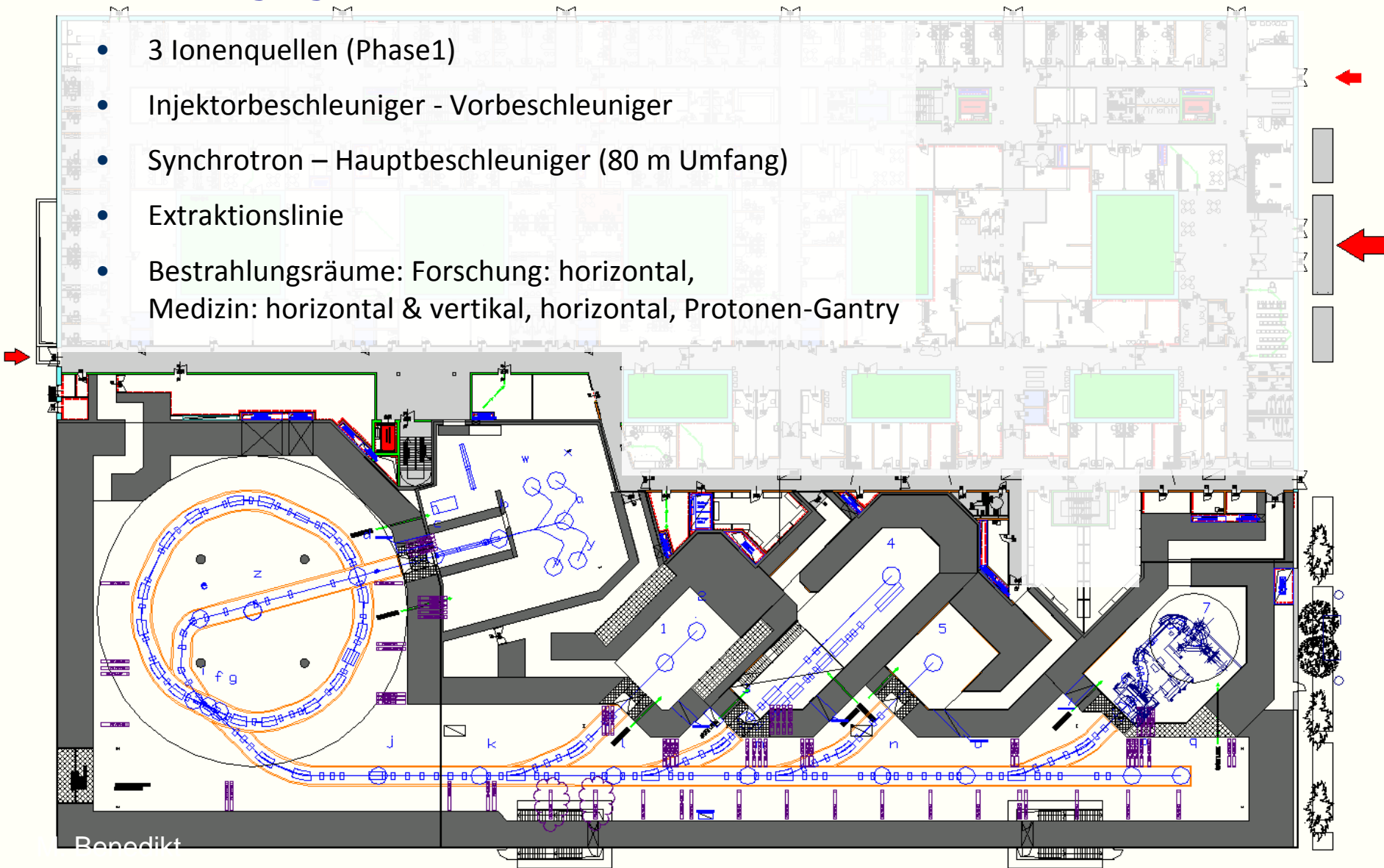
Benedikt



Beschleunigeranlage - Überblick

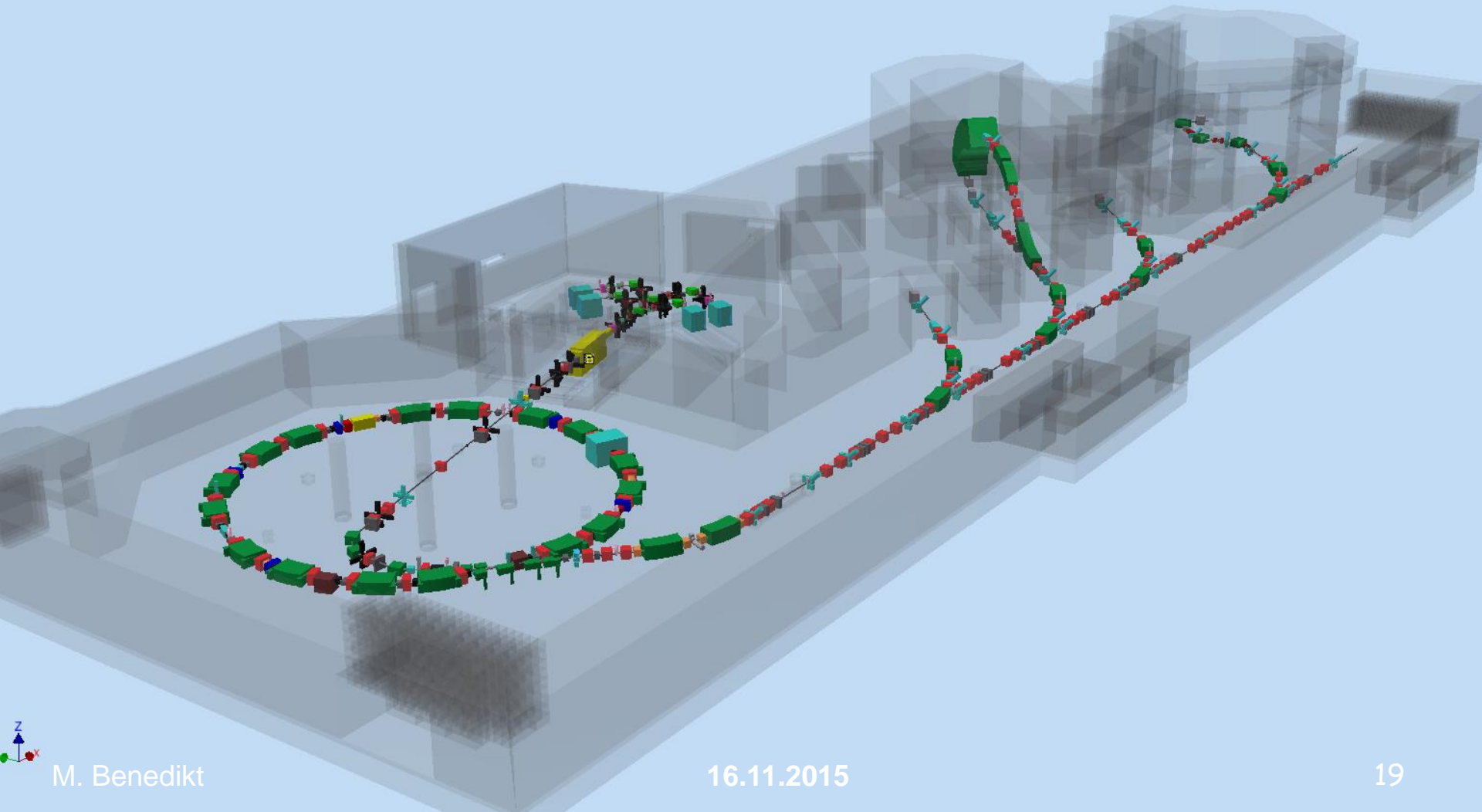
Personaleingang ↓

- 3 Ionenquellen (Phase1)
- Injektorbeschleuniger - Vorbeschleuniger
- Synchrotron – Hauptbeschleuniger (80 m Umfang)
- Extraktionslinie
- Bestrahlungsräume: Forschung: horizontal, Medizin: horizontal & vertikal, horizontal, Protonen-Gantry





MedAustron Beschleunigeranlage





CNAO Synchrotronanlage

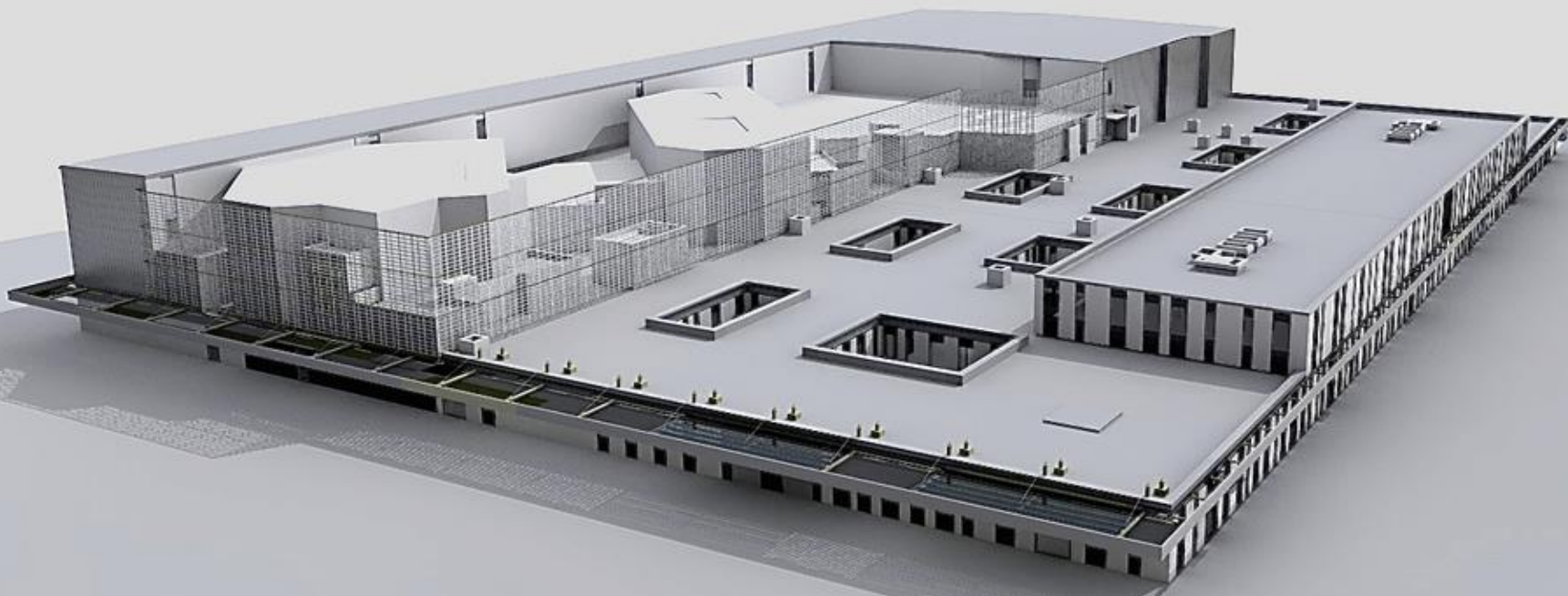




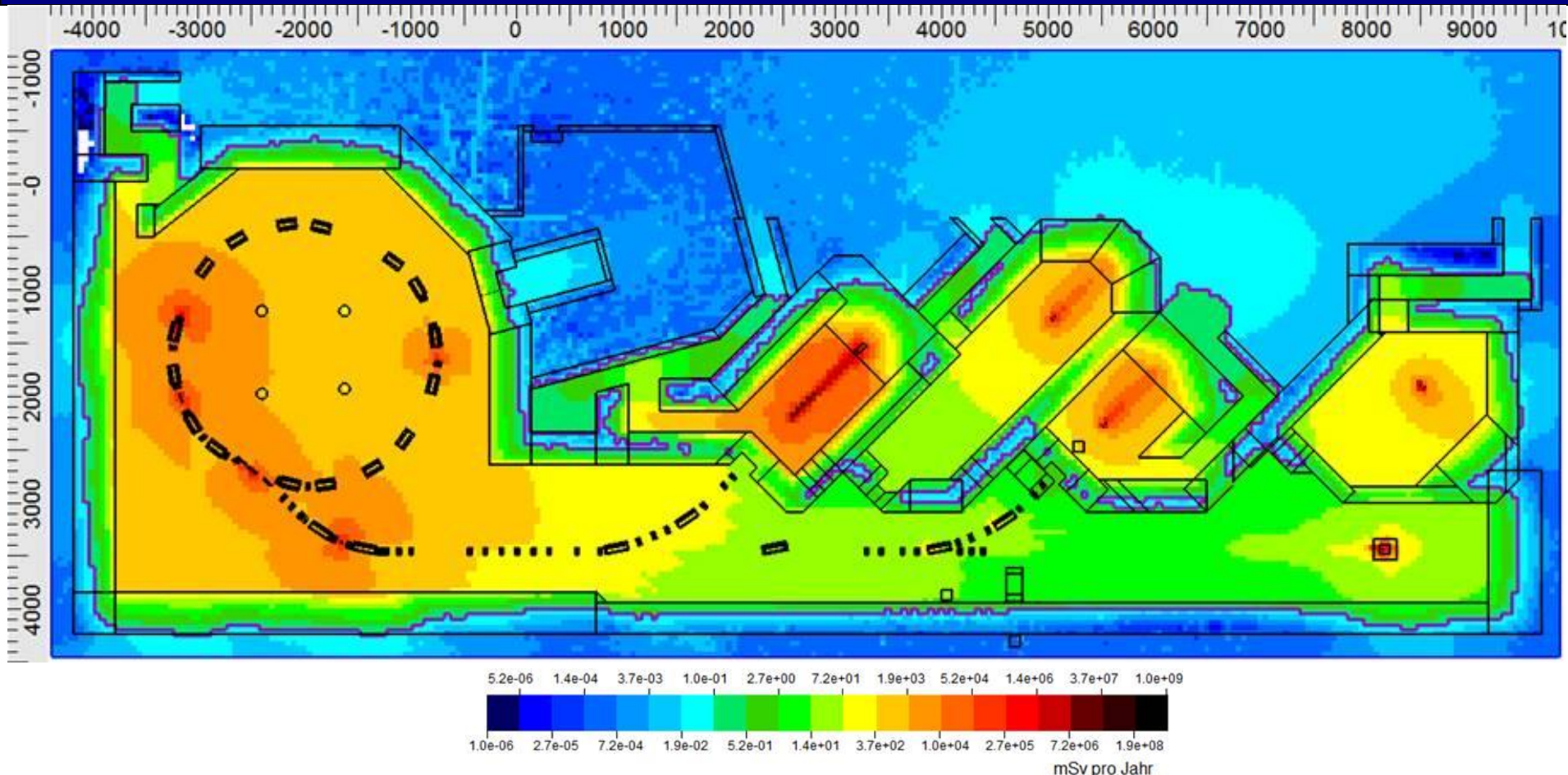
Beschleunigerentwicklung mit CERN

- **CERN ist „das österreichische Beschleunigerzentrum“.**
 - Keine Institutionen und Know-How in diesem Bereich in Österreich
- **NOE - EBG MedAustron - CERN Partnership agreement (2008-2013):**
 - Aufbau eines MedAustron Beschleunigerteams am CERN und Integration in die technischen Gruppen bei CERN zur Ausbildung
 - 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.
 - Betrieb in Wiener Neustadt durch das MedAustron Beschleunigerteam.
- **Forschungs- und Wissenschaftsaspekte**
 - Bisher 4 Dissertationen, 5 Diplomarbeiten und 30 wissenschaftliche Publikationen im Rahmen des Beschleunigerprojekts → Bereits heute nicht-klinische Forschung bei MA!
 - 12 EBG Mitarbeiter (Führungspositionen Beschleuniger) sind Absolventen des vom BMWF finanzierten Technologiedissertationsprogramms am CERN!
- **Musterbeispiel für CERN Nutzung und Technologietransfer**

- **Ziele und Planung für Errichtung**
 - Umweltverträglichkeitsprüfung Nov. 2009 – Dez. 2010 Genehmigung
 - Spatenstich März 2011
 - Beginn Hochbau Mai 2011
 - Fertigstellung Hochbau Mitte 2012



Jährliche Strahlengesamtdosis (Maximalbetrieb)

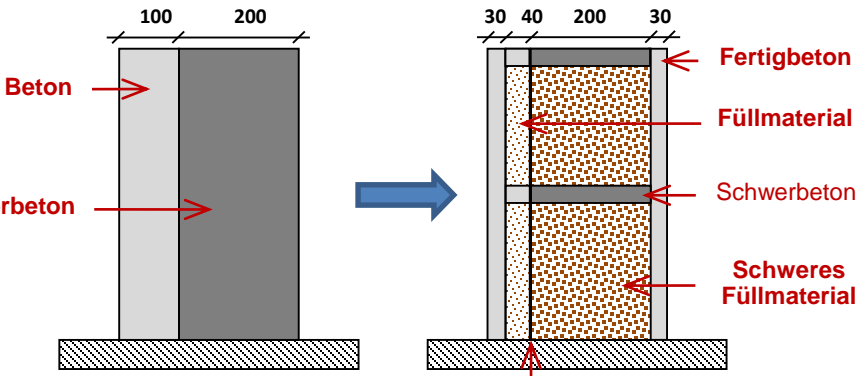
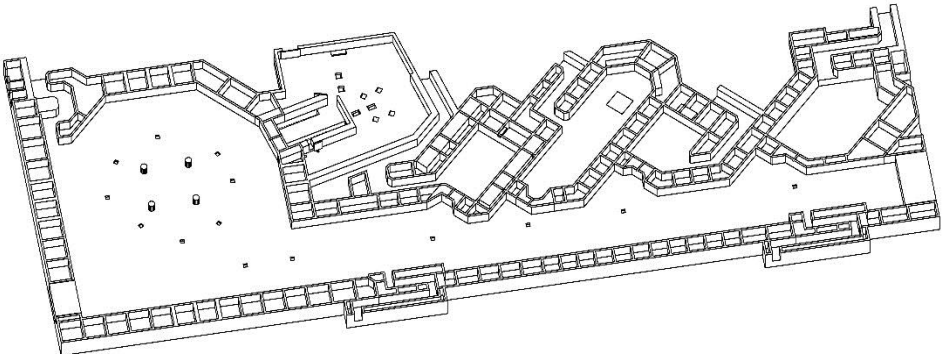
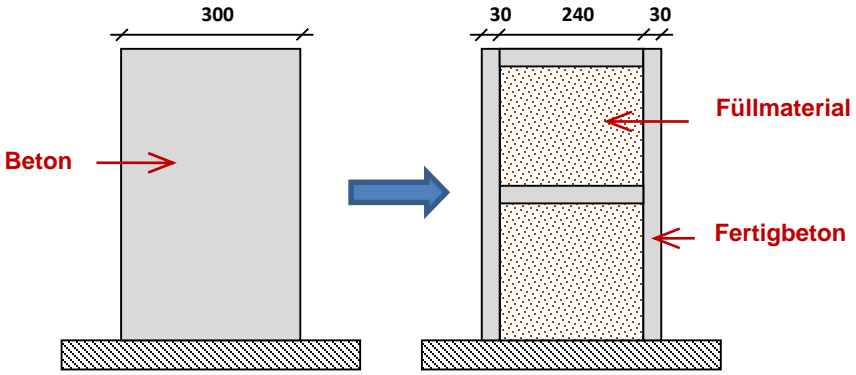


Entsprechende Abschirmwände, um im Außenbereich der Teilchenbeschleunigeranlage die gesetzlichen Grenzwerte für ionisierende Strahlung einzuhalten.

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

Sandwichkonstruktion

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





Status – August 2011 November 2011





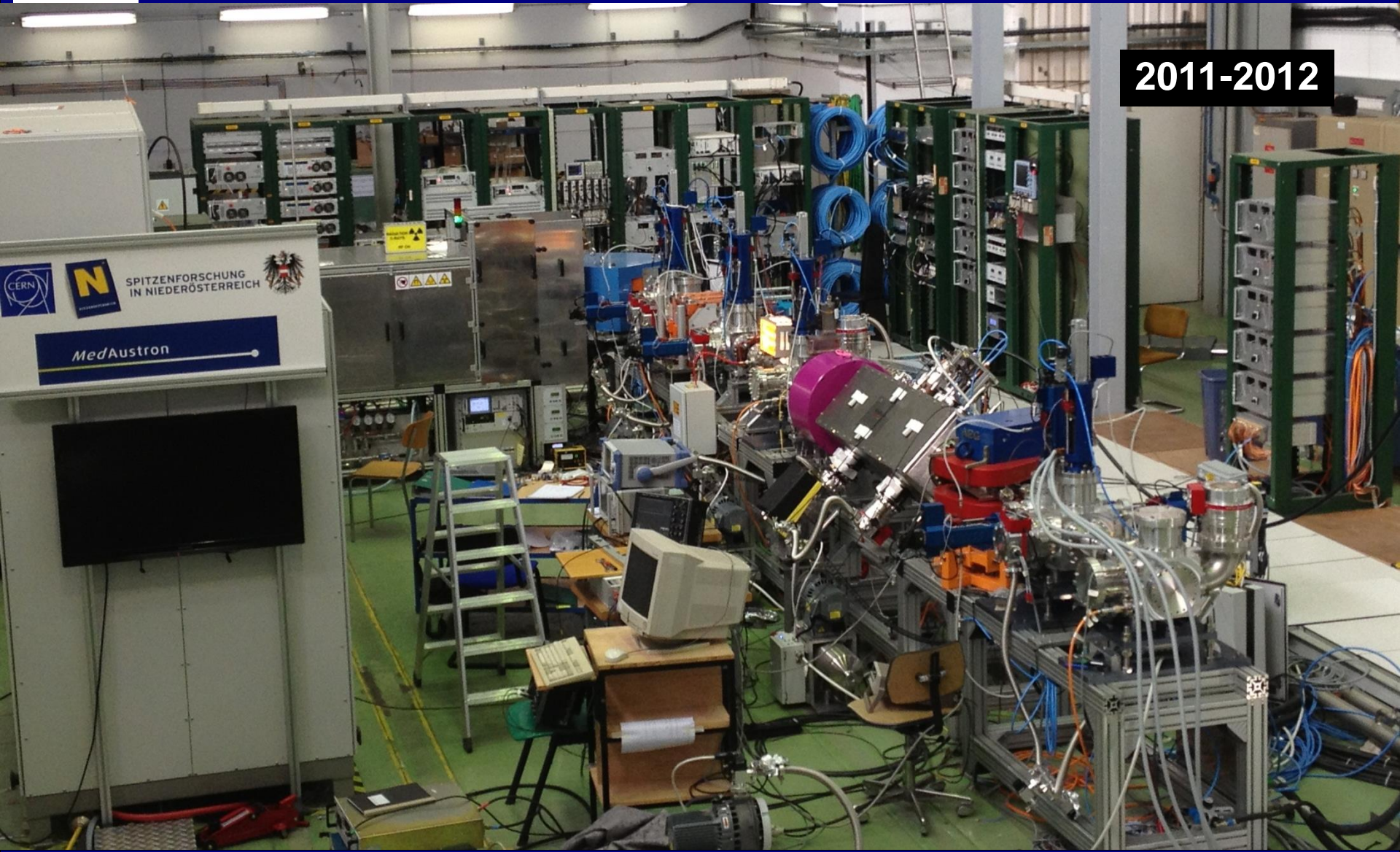
Ausführung Sandwichbauweise März 2012





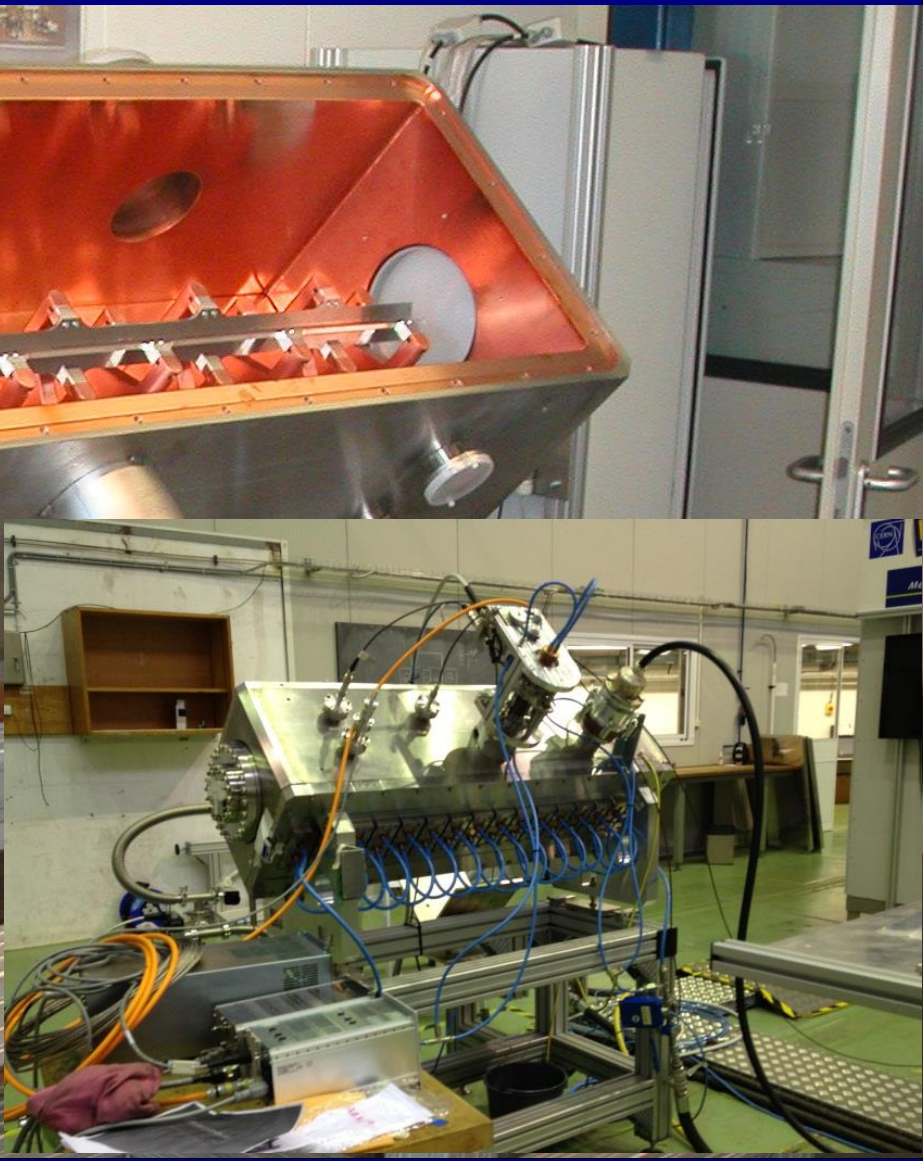
MedAustron Injektor Test Stand CERN

2011-2012





RadioFrequenzQuadrupol - Neuproduktion





MedAustron Status in Wiener Neustadt



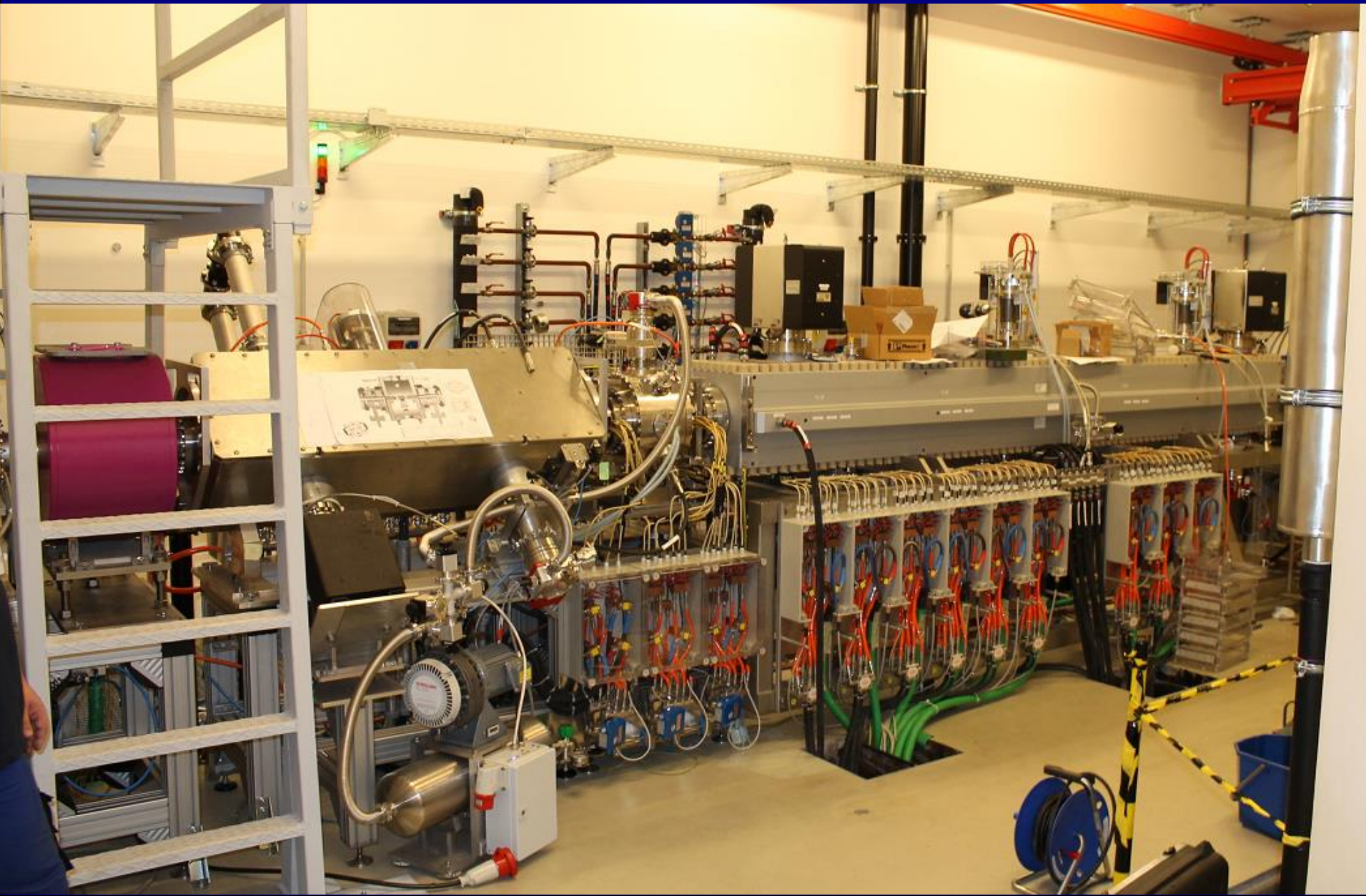


Injektorhalle: Ionenquellen





Injektorbunker: RFQ, IH-DTL

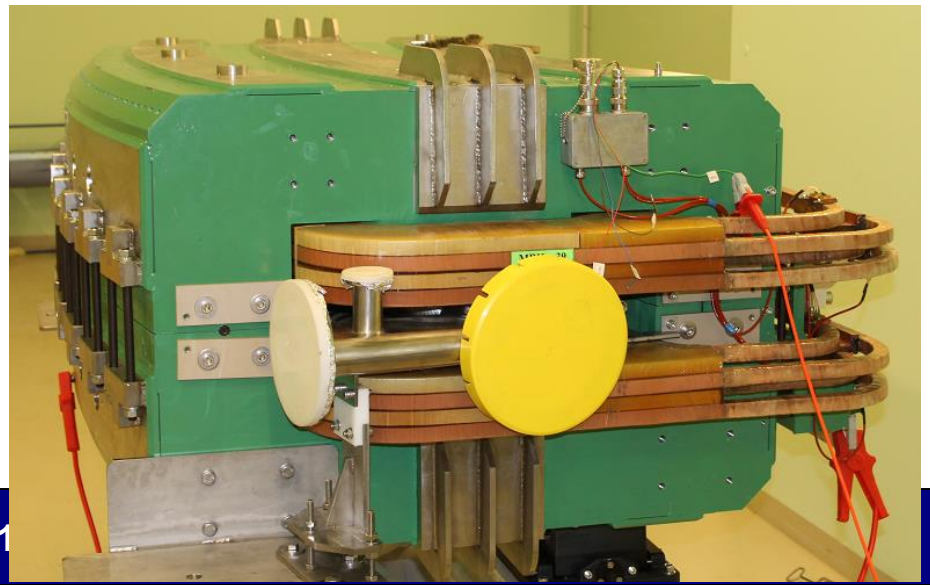




Synchrotron, Magnete, Kontrollraum



(Nov. 2013)

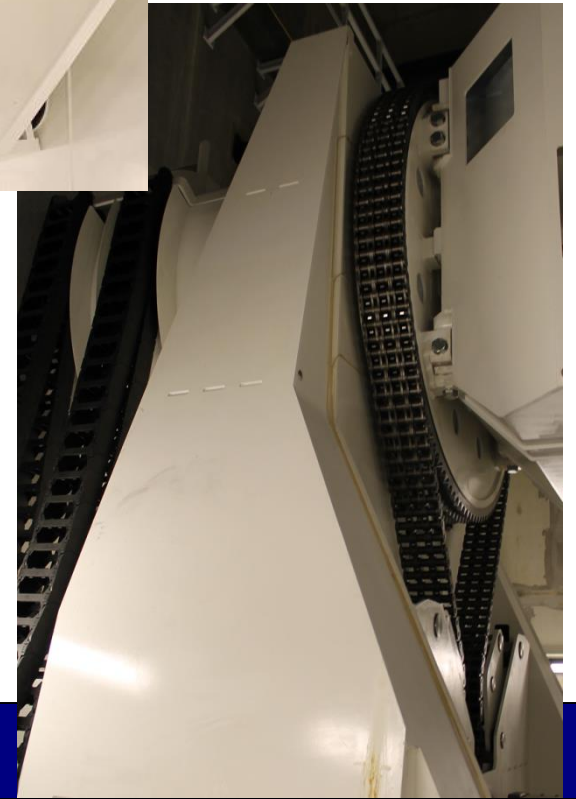
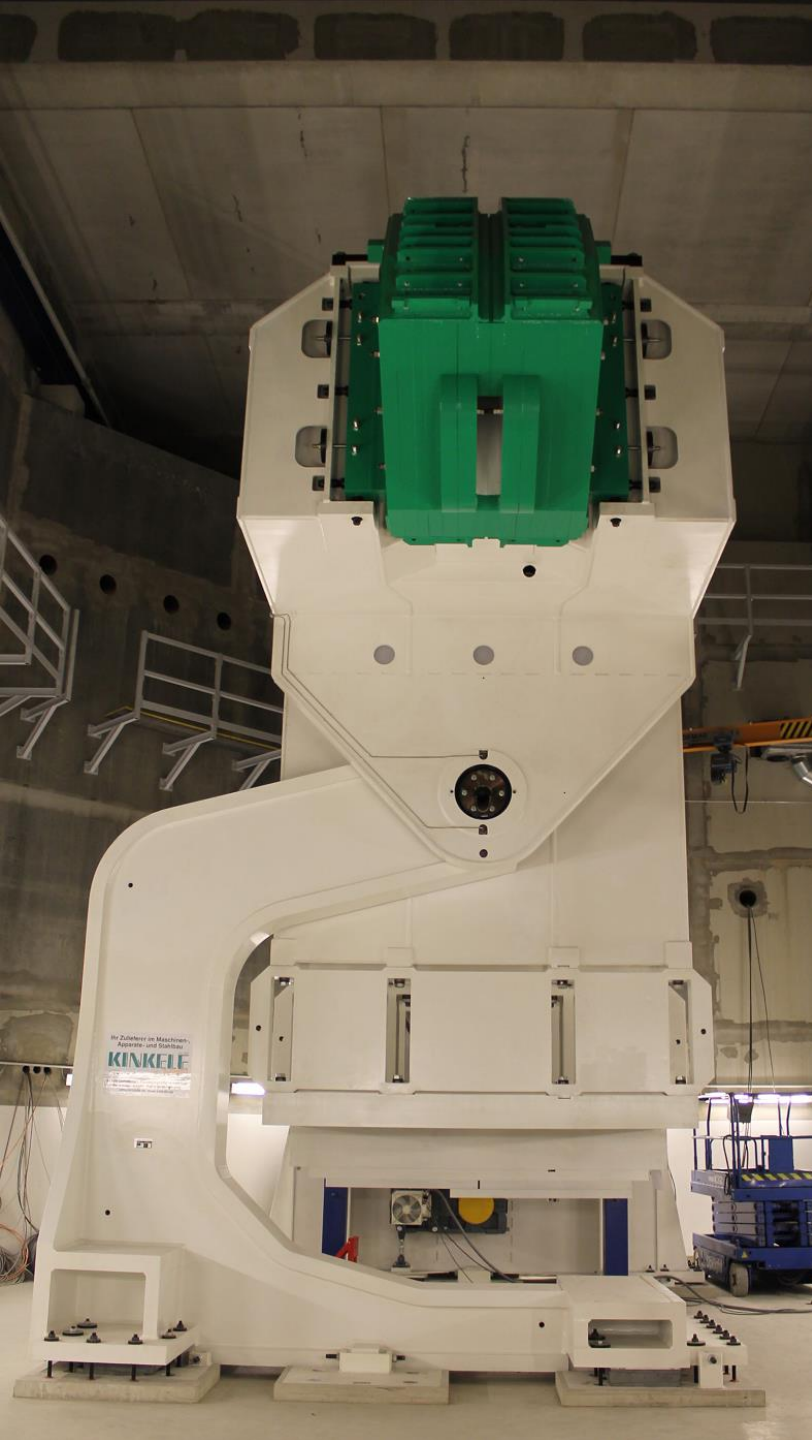




Power Converter Halle, IH HF Verstaerker



Gantry



16.11.2015

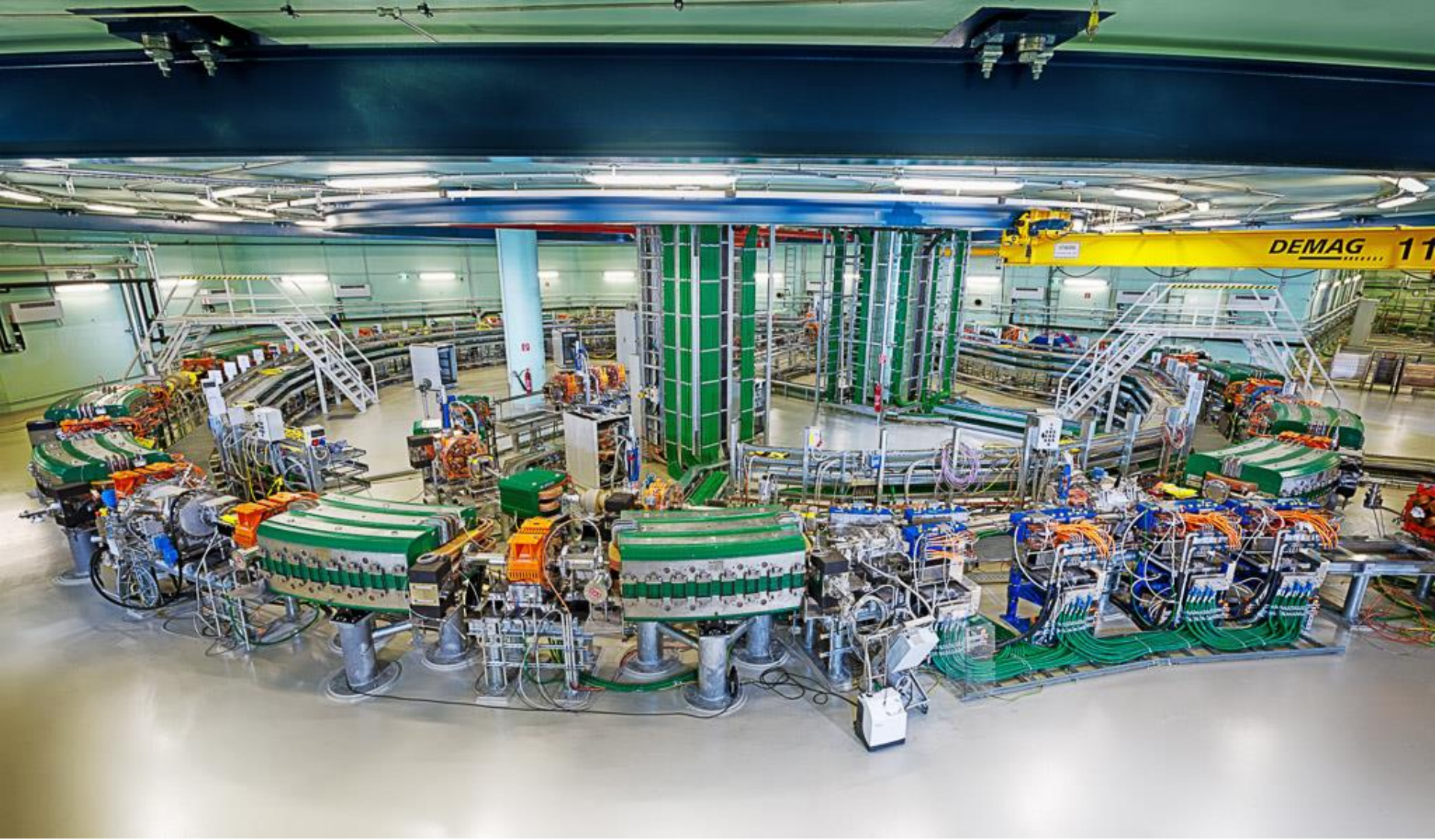


Behandlungsraum

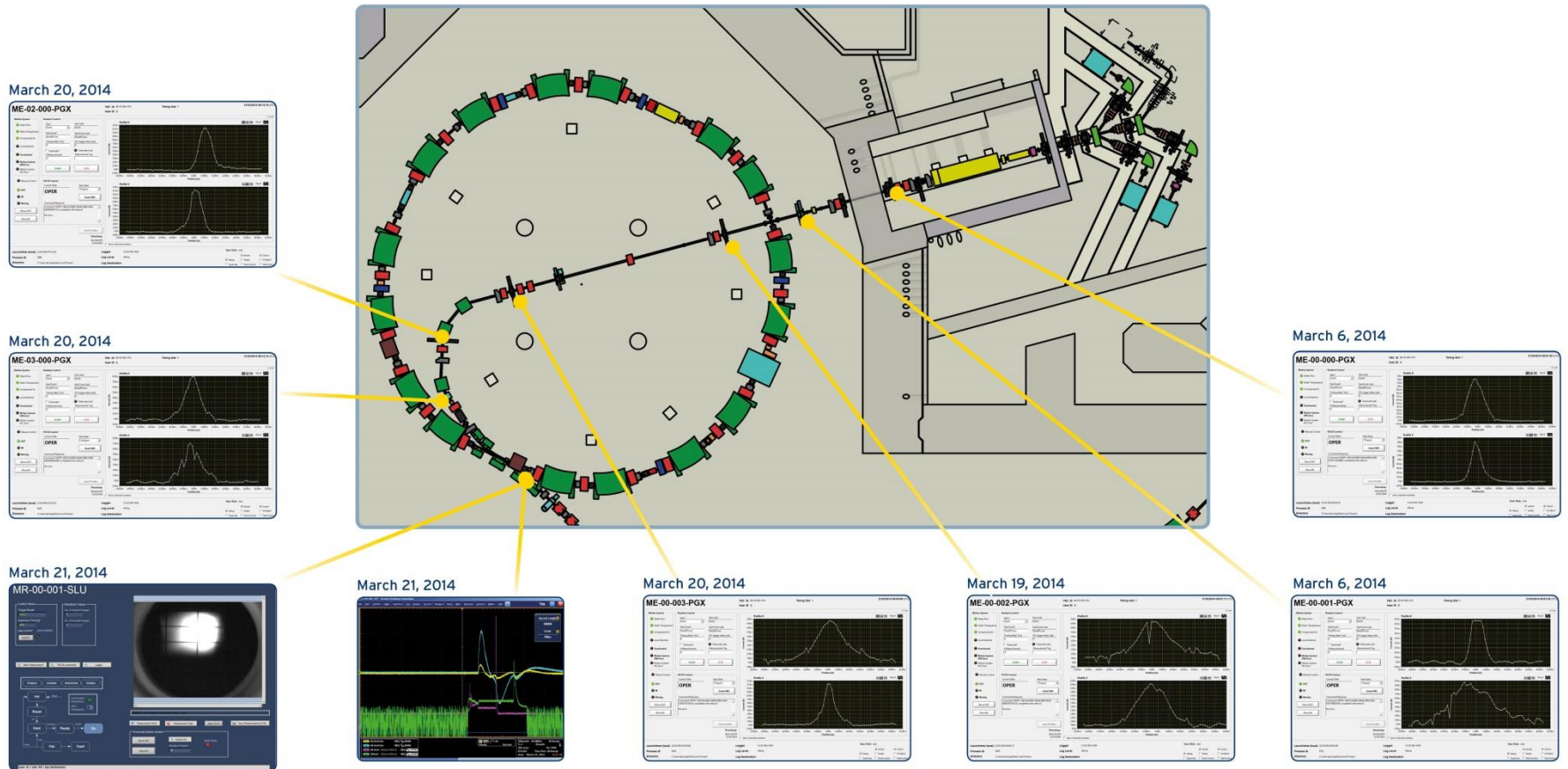




Synchrotron installed



Beam Measurements Over Time





First turn achieved Apr 7th 2014

Luminescent Screen Device Control

MR-00-000-SLU v0.2.1.535 MedAustron^N

Control Values

Trigger Mode* Mode0

Exposure Time [s]* 1m

Enable Lamp* Lamp Enabled

Readback Values

No. of Acquired Images

No. of Decoded Images

Basic Measurement | FECOS commands | Logger

Pneumatic Motion System

Quick Status

Monitor Position

Command Response

FEC Response

780x582 1.11X Unsigned 16-bit image 2944 (297,0)

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



Projektzeitplan

Sommer 2008

Planungsbeginn

Herbst 2009

Einreichung Umweltverträglichkeitsprüfung

März 2011

Baubeginn

Oktober 2012

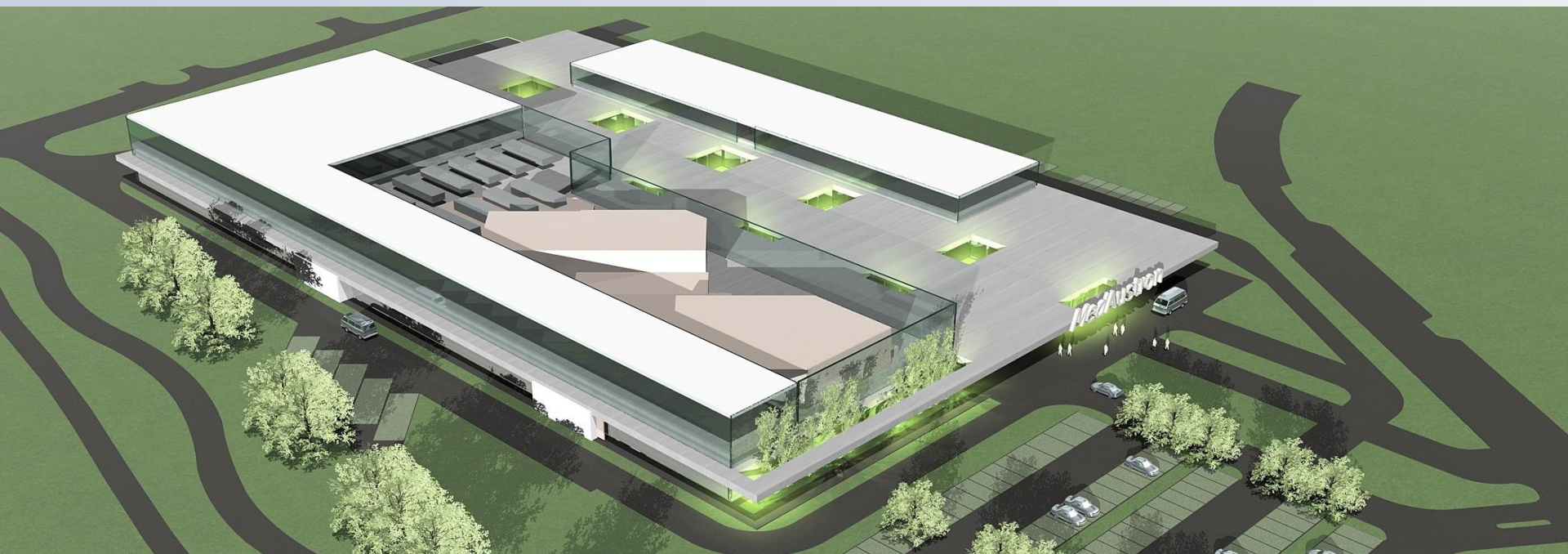
Beginn Beschleuniger- und Medizininstallation

März 2013

Beginn Probetrieb Beschleuniger, sequentiell

2015

Beginn Patientenbetrieb 1. Medizinraum





Zusammenfassung

- Mit MedAustron wird 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.