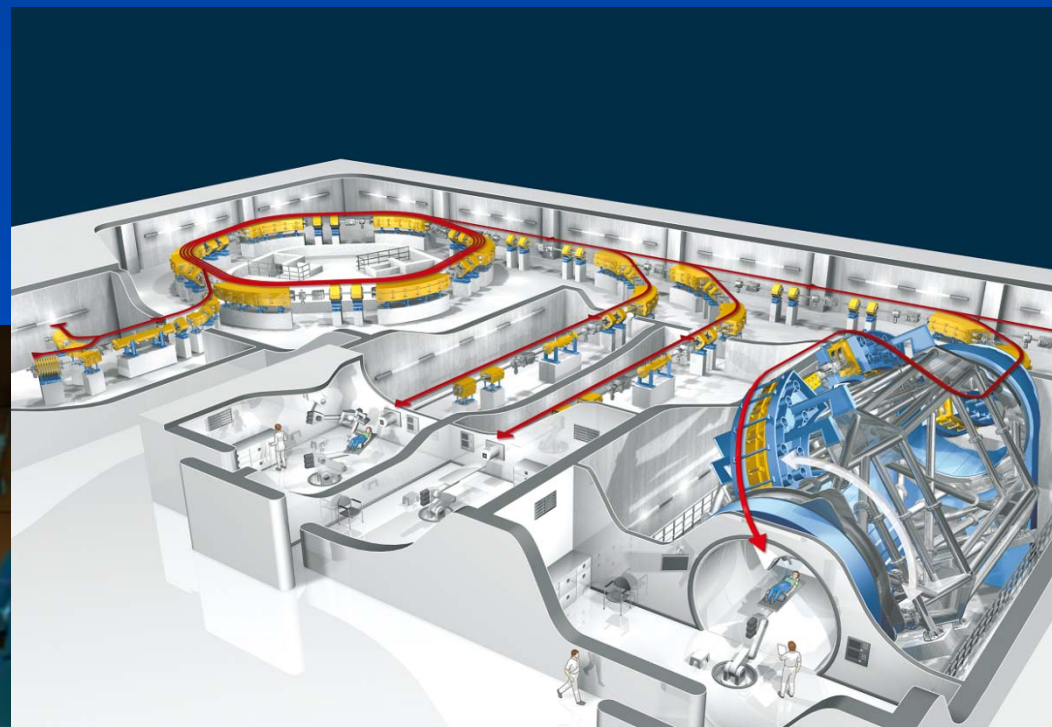


Das Ionenskallpell



Hochpräzise Tumorthherapie am Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum

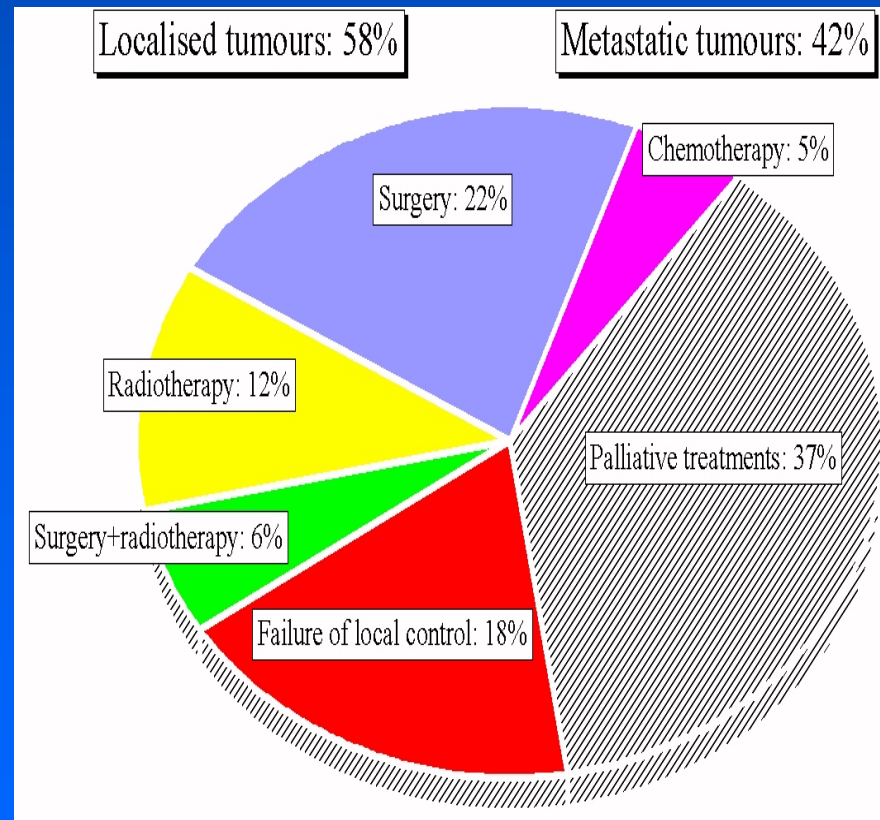
Prof. Dr. Thomas Haberer
Wissenschaftlich-technischer Direktor
Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum



Situation und Bedarfslage

- 2/3 der Patienten sind lokal erkrankt zum Zeitpunkt der Diagnose
- **In 18% scheitert der lokale Therapieansatz**
=> 280.000 Tote/Jahr in der EU
- Protonen und Ionen haben das Potential 30.000 Patients/Jahr in der EU zu heilen

Relevanz der lokalen Tumorkontrolle (EU-Studie 1991)

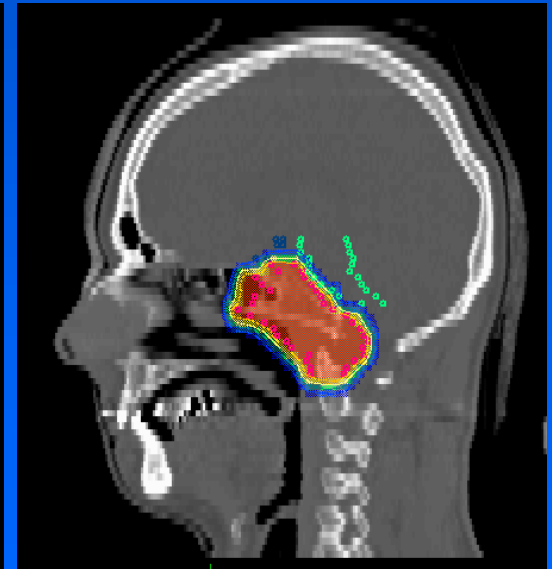
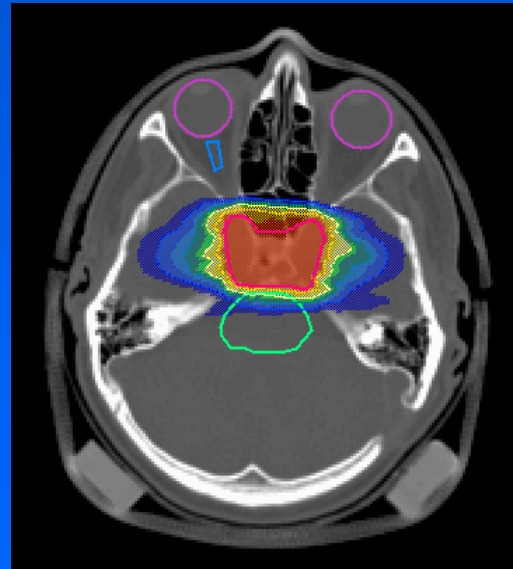
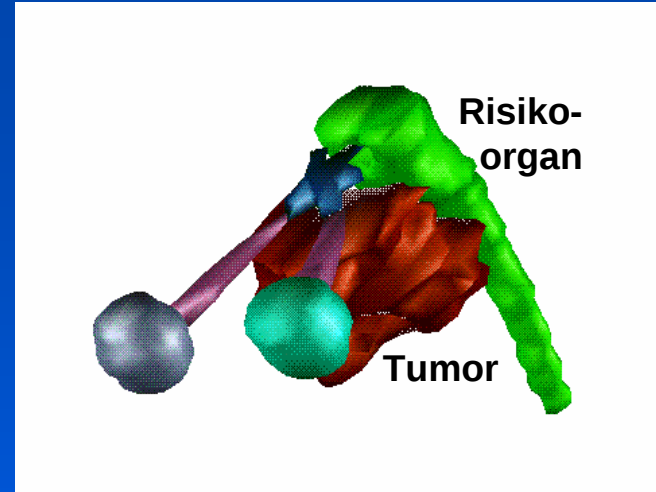


Situation / Indikationen

- Lokalisationen: Hirn und Schädelbasis, Prostata, Leber, Lunge, Weichteilsarkome

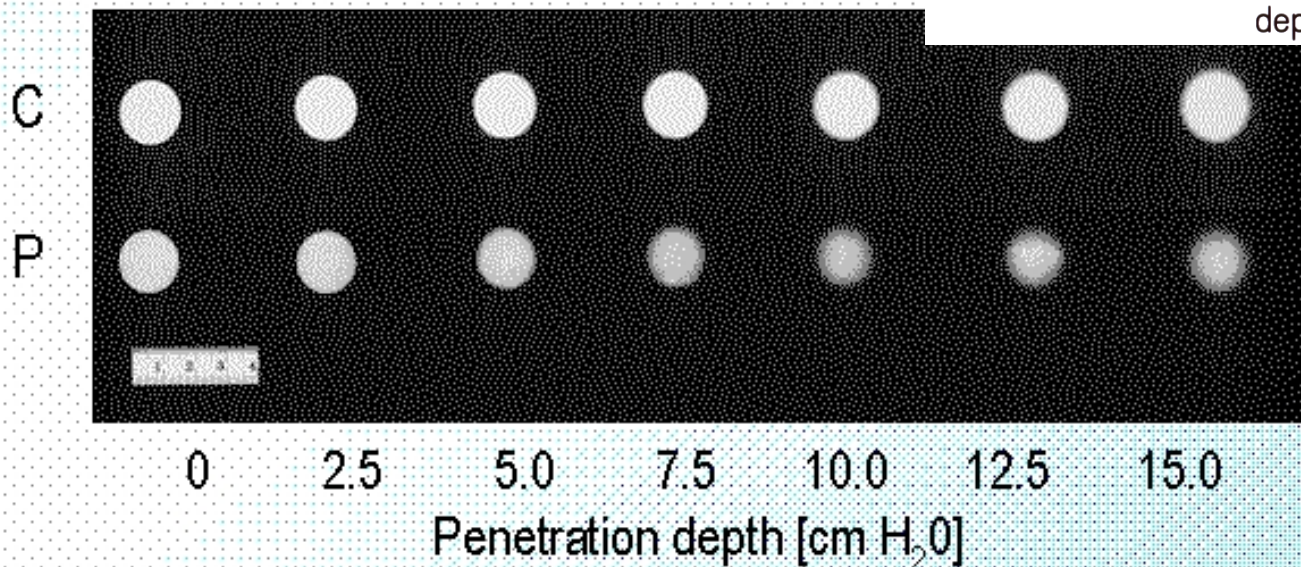
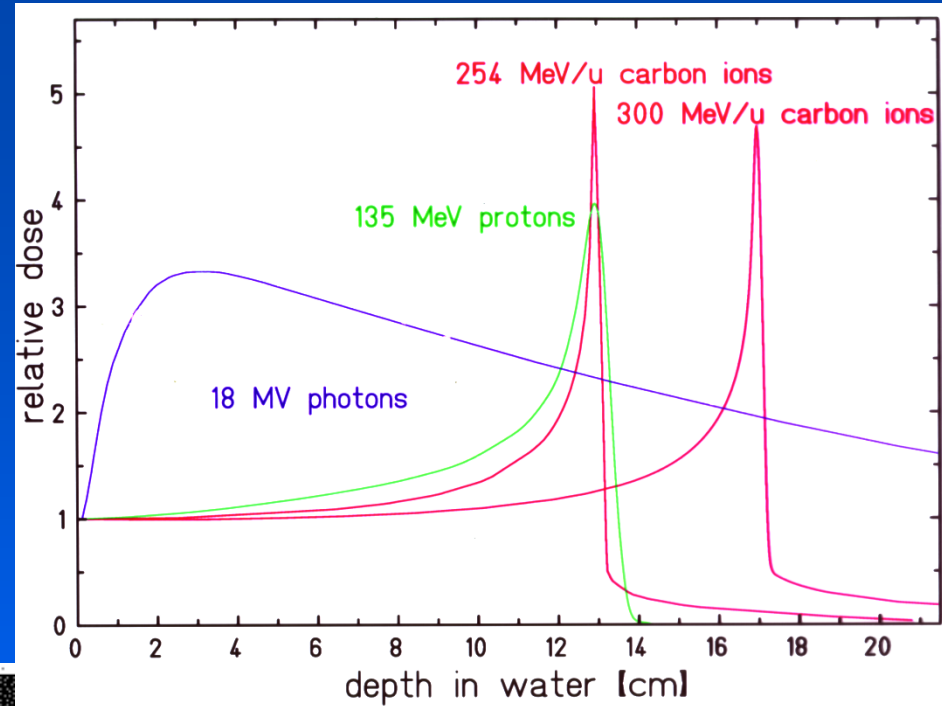
Charakteristik:
tiefliegende und
strahlenunempfindliche
Tumoren in der Nähe
zu Risikoorganen

tumorkonforme
Dosisverteilung

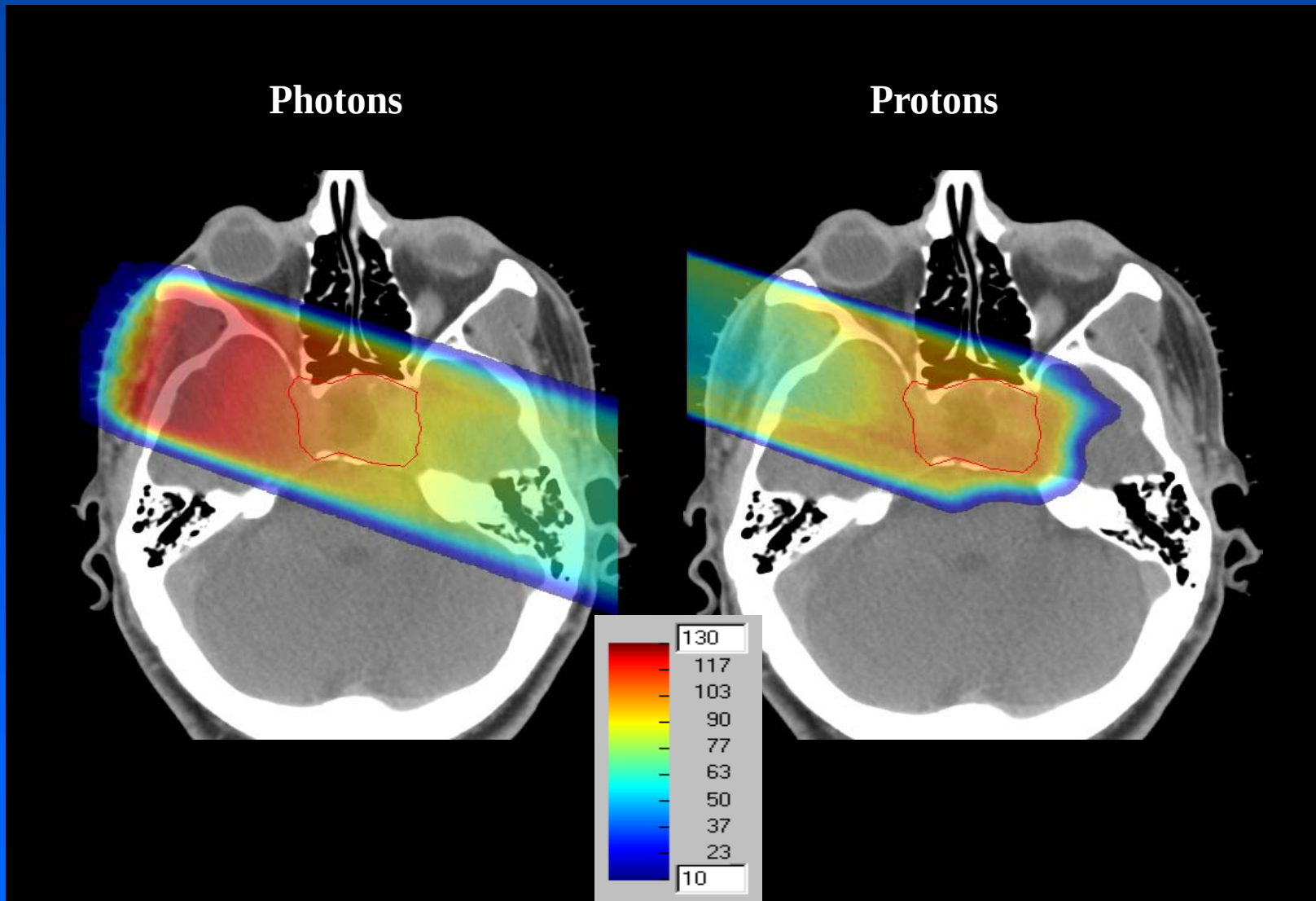


Grundlagen / Physik

- Vorteilhafte physikalische Eigenschaften:
invertierte
Tiefendosis-verteilung
sehr geringe Seitenstreuung

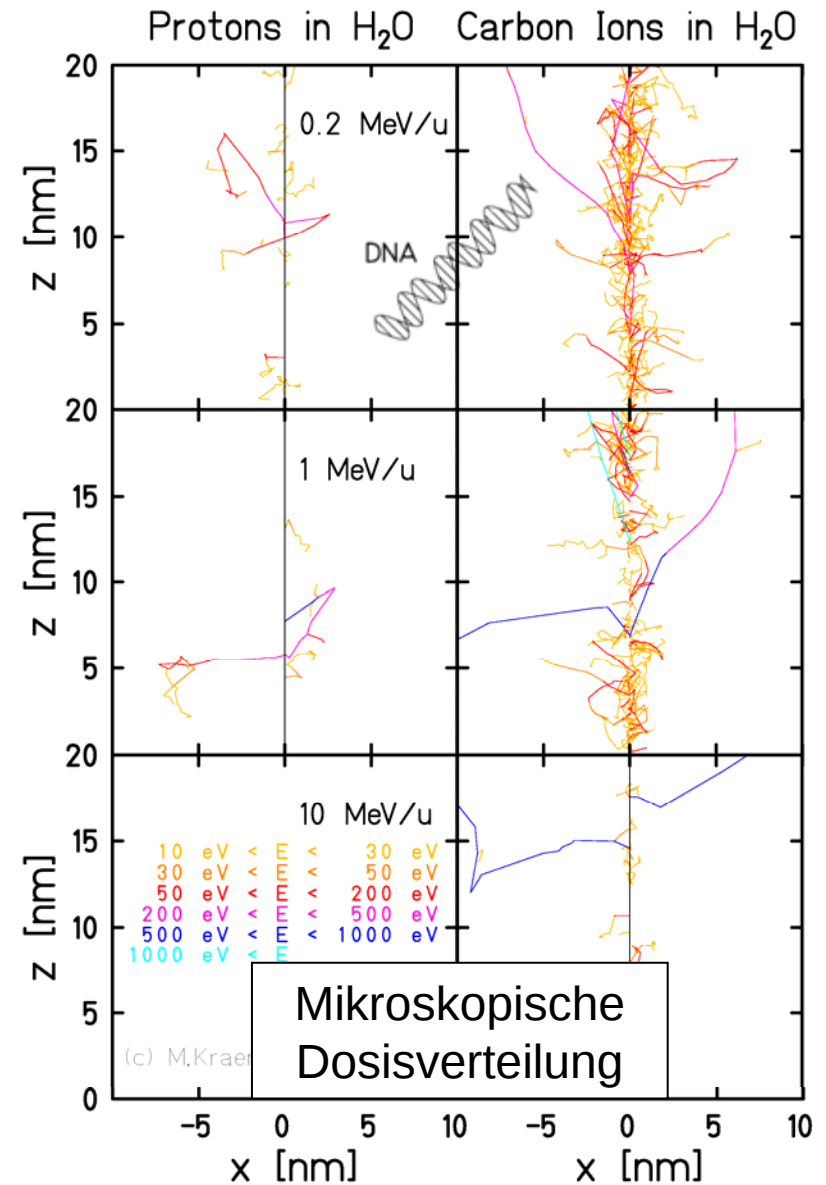
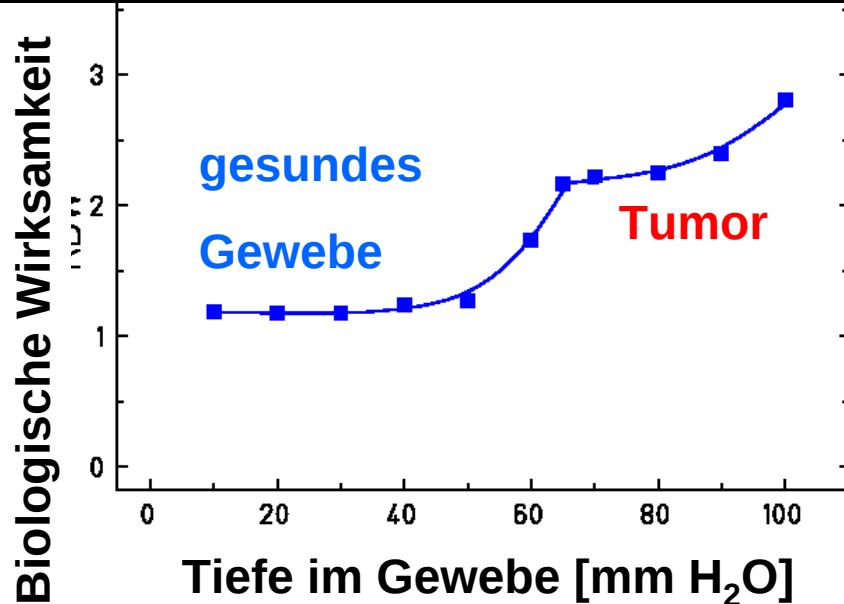
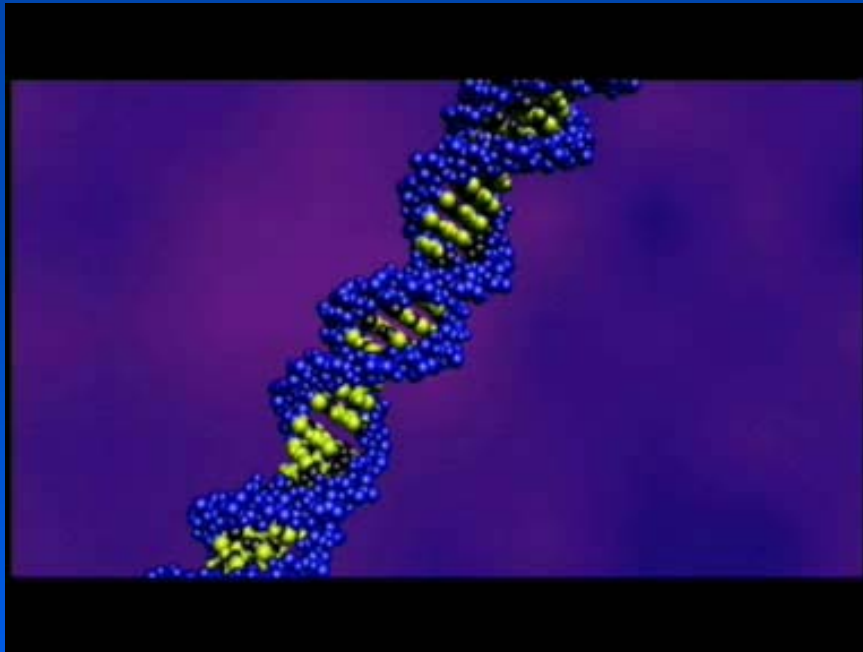


Relevanz der Tiefendosisverteilung



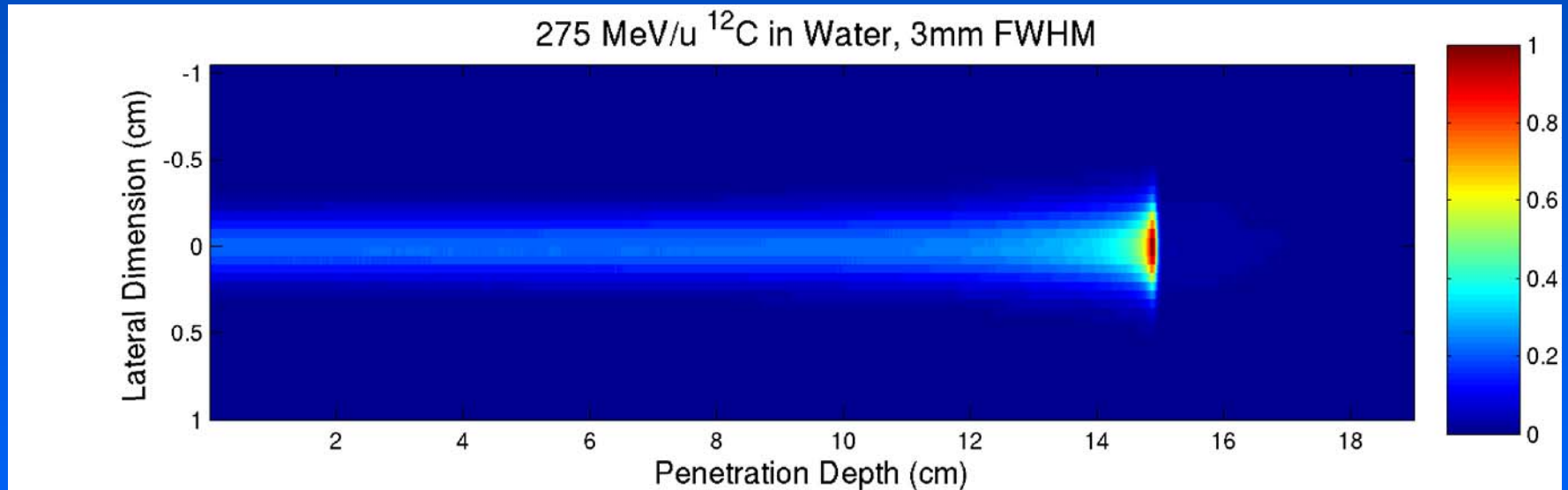
Ionen bieten höhere Dosis-Konformität und geringere Integraldosis

Grundlagen / Strahlenbiologie



Ziel

Das Schlüsselement zur Steigerung der Erfolgsraten ist die **lokale Kontrolle**



Eintrittskanal:

- niedrige physikalische Dosis
- niedrige relative biologische Wirksamkeit

Tumor:

- hohe physikalische Dosis
- hohe relative biologische Wirksamkeit

Rasterscan-Verfahren

Abrastern des Tumors mit fokussierten Ionenstrahlen in schnellen Dipolmagneten

Aktive Veränderung von Strahlenergie, Fokus und Intensität im Beschleuniger und der Strahlführung

Synchrotron
(Particles up to
70% of light speed)

Ion Source
Carbon

Ion Source
Proton

Linear Accelerator

Scanning System

Monitor
System

Scanning
Magnets

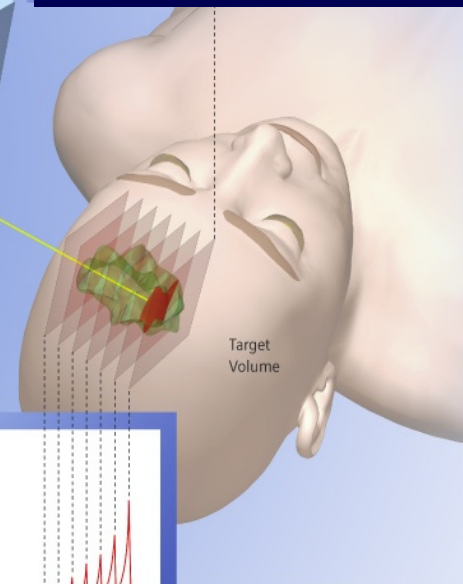
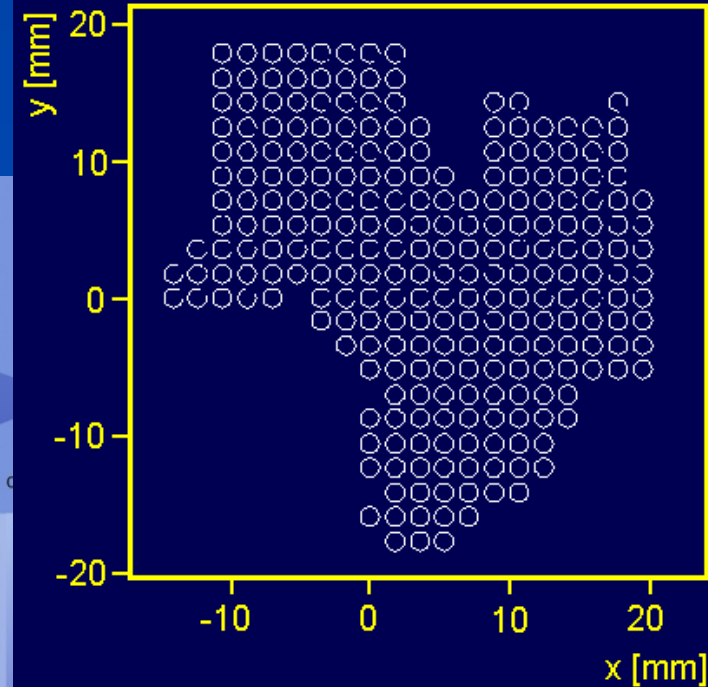
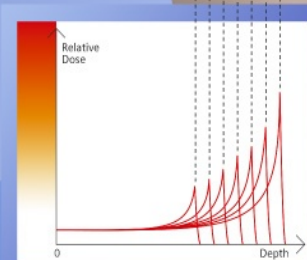
Wire
Chambers

Ionization
Chambers

Example

Depth 5 cm:
Proton 80 MeV
Carbon 145 MeV/u

Depth 25 cm:
Proton 195 MeV
Carbon 375 MeV/u

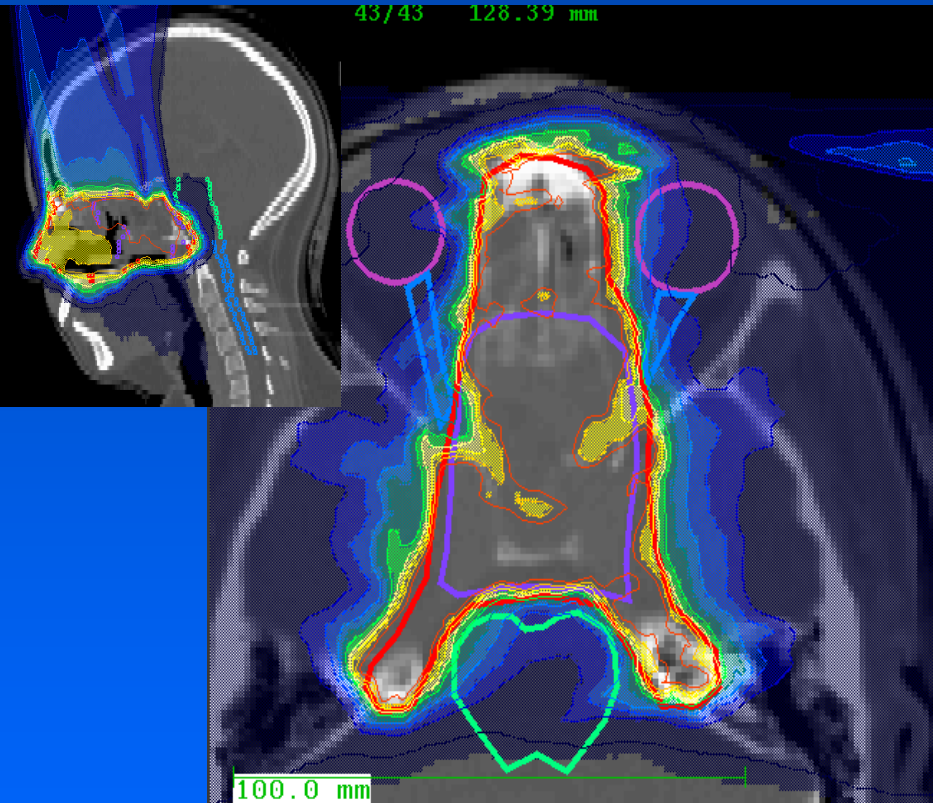


Haberer et al., NIM A , 1993

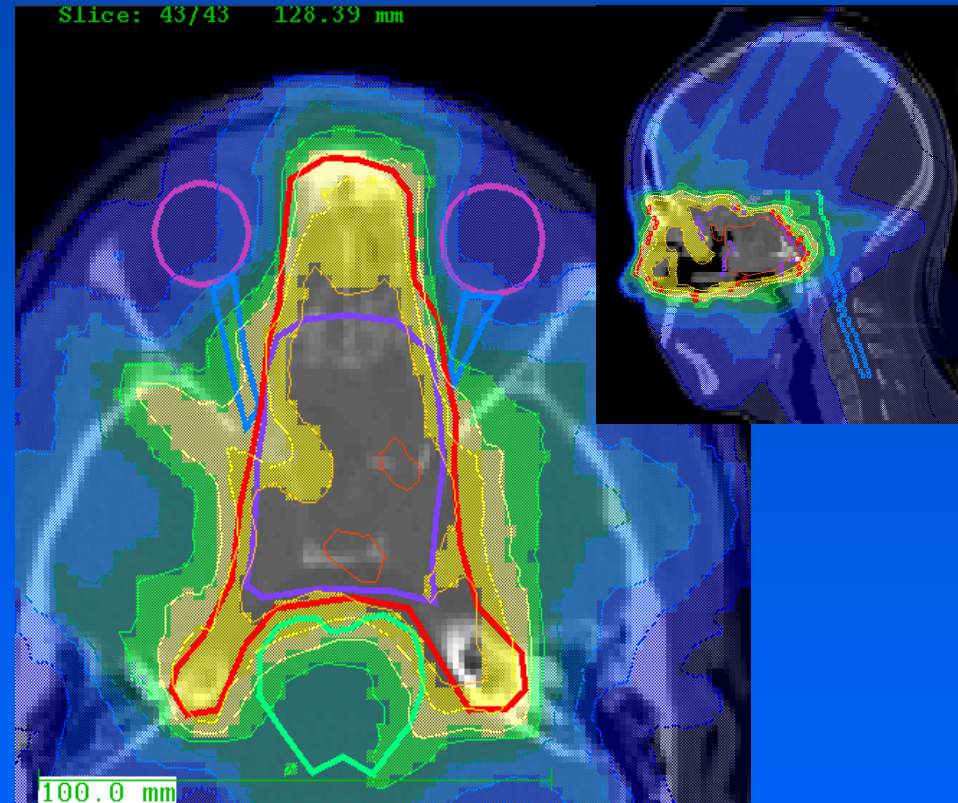


Rasterscan/Kohlenstoff vs. IMRT/Photonen

scanned carbon 3 Felder



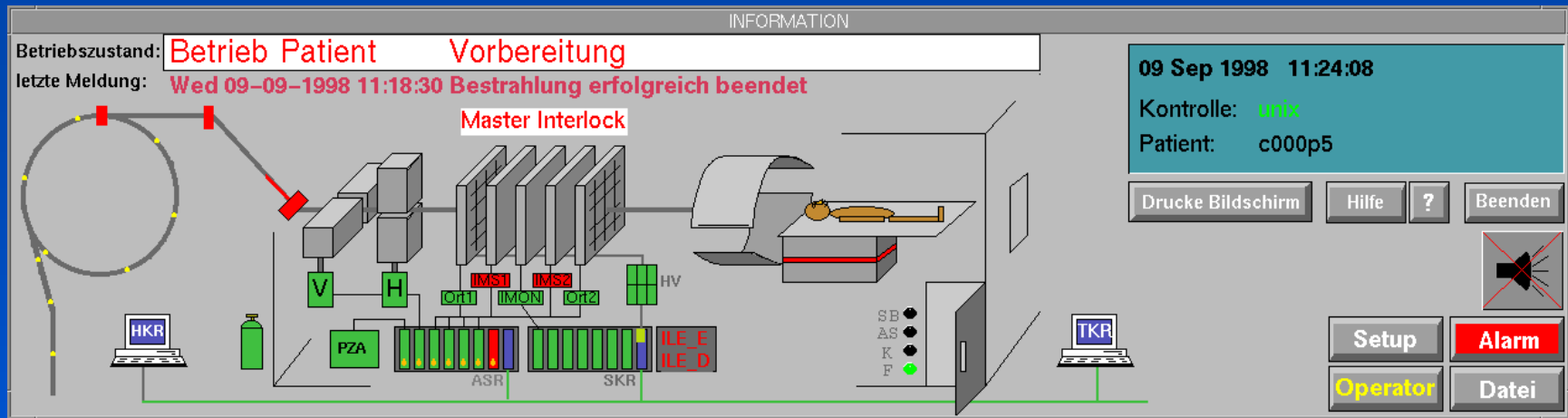
IMRT 9 Felder



reduzierte Integraldosis
steilere Dosisgradienten
Geringere Feldzahl
Erhöhte biologische Wirksamkeit

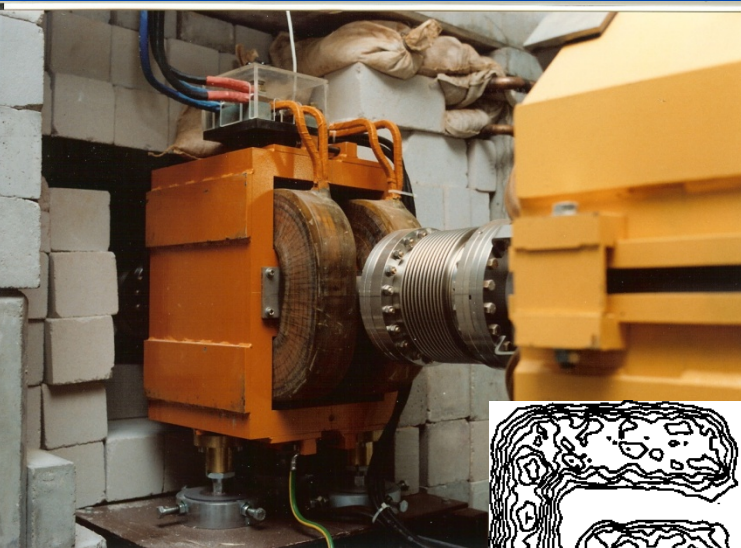
courtesy O. Jäkel, HIT

Schlüsselerentwicklungen@GSI

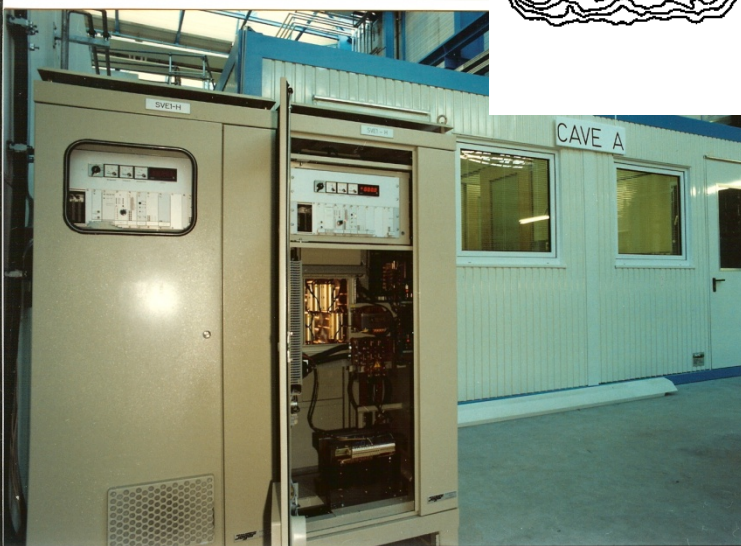
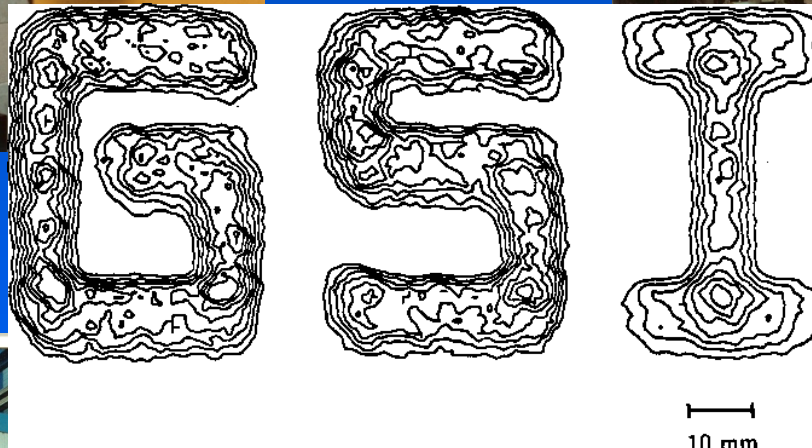
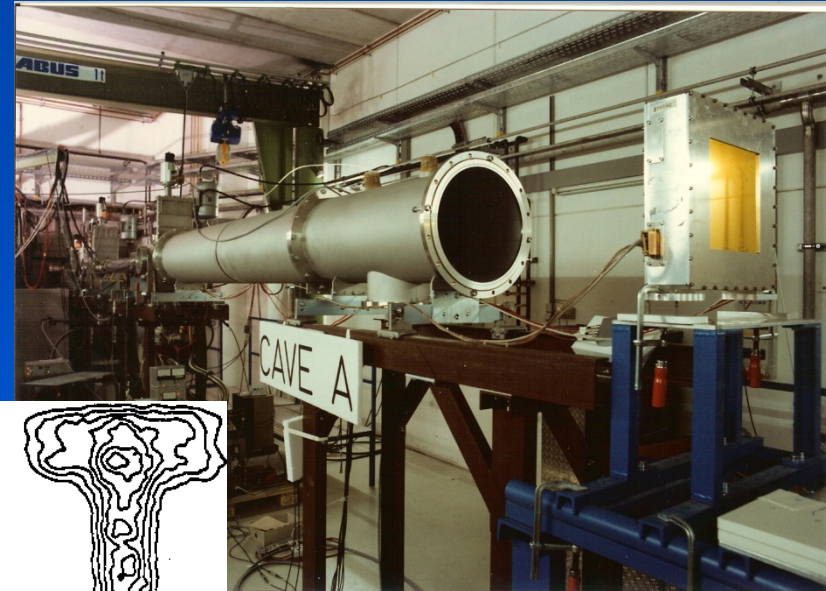


- Scanning-ready **Bleistiftstrahlbibliothek** (25.000 Kombinationen):
253 Strahlenergien x 7 Strahlfleckgrößen x 15 Strahlintensitäten
- **Rasterscanverfahren** inkl. Kontroll- und Sicherheitssystem
- **Patientenmonitore** zur Echtzeitverfolgung des gescannten Strahls
- **Biologisches Wirkungsmodell** basierend auf der strahlenbiologischen Grundlagenforschung
- Physikalisches **Strahltransportmodell**
- **Bestrahlungsplanungssystem TRiP**
- **In-beam Positronenemissionstomographie**
- **Qualitätssicherungssystem**
- **Schwerionengantry-Prototyp**

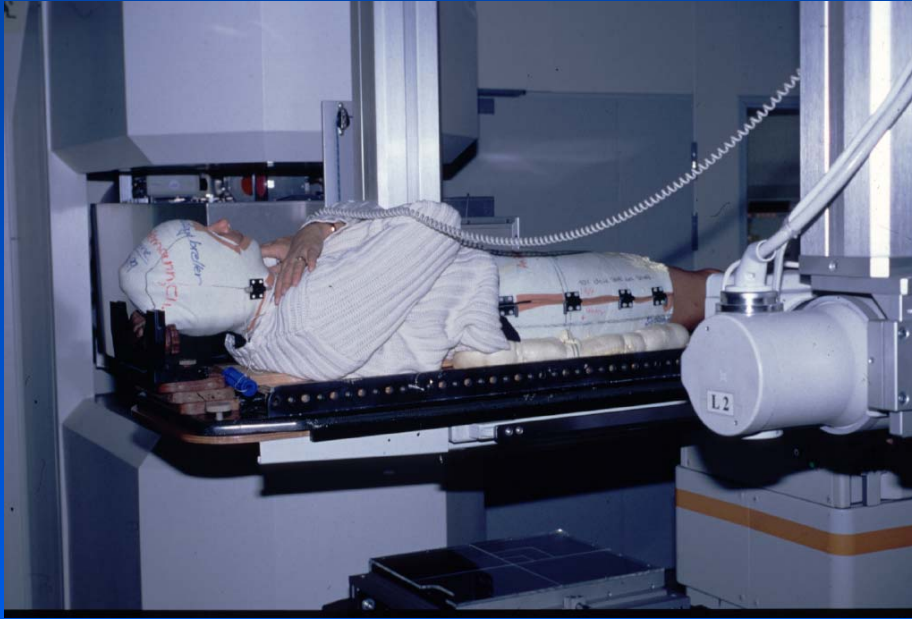
Pionierzeit @ GSI



1. Rasterscan
CaveA@GSI
Feb. 1991
Xenon



Therapie bei GSI



Therapieablauf

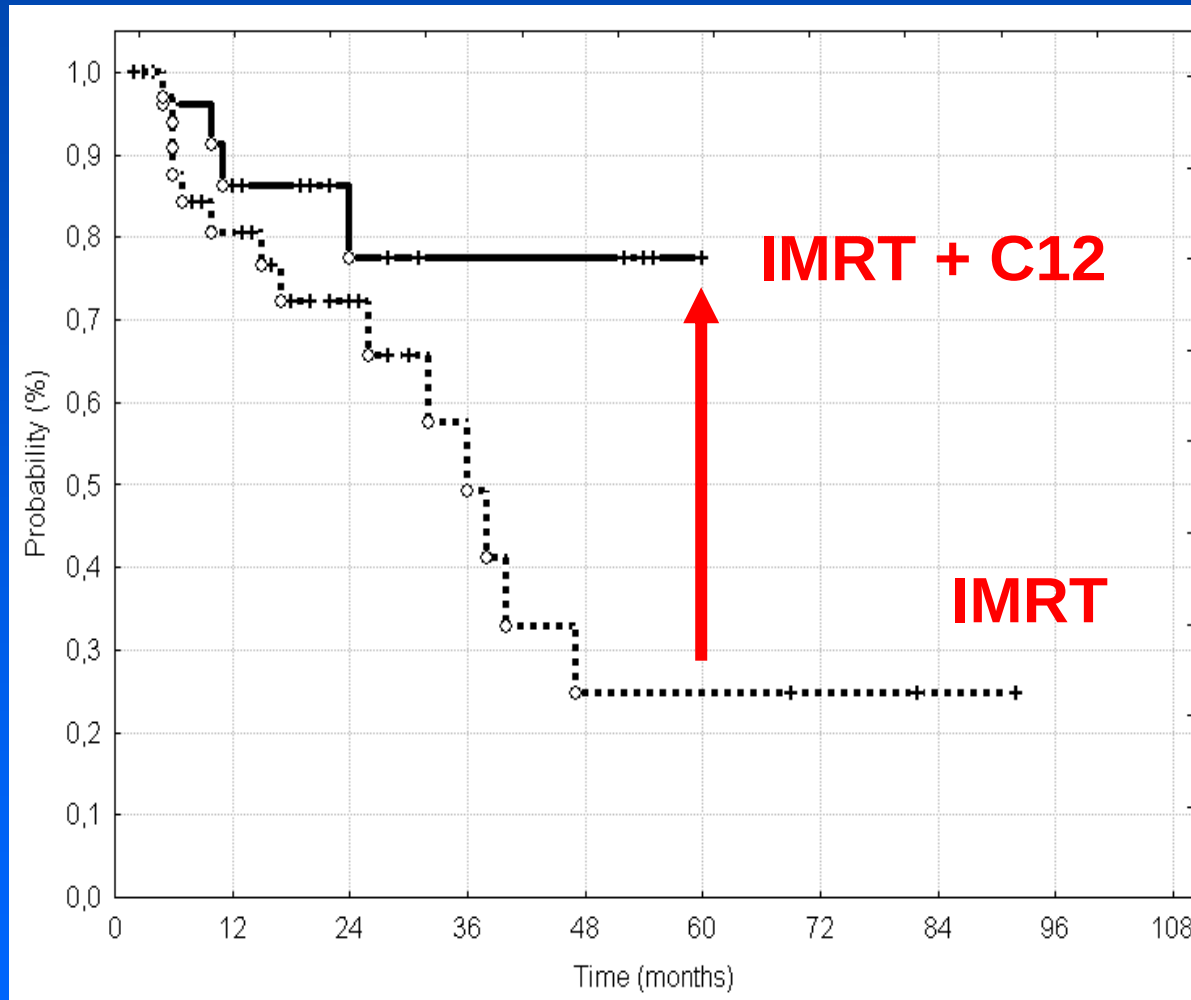
- Patientenimmobilisierung
- 3D-Bildgebung (CT, MRI, PET, ...)
- Festlegung des Zielvolumens und der Risikoorgane
- Festlegung des Bestrahlungsverfahrens
- Dosisberechnung und Bestrahlungsplanbewertung
- Patientenpositionierung
- Bestrahlung
- Nachsorge

Therapie bei GSI: Klinische Studien

- Chordome and Chondrosarkome an der Schädelbasis und Adenoidzystische Karzinome:
Anerkennung als Standardbehandlung, Kostenerstattung durch die Krankenversicherer
- Spinale and sakrokozygeale Chordome, Chondrosarkome an der Schädelbasis und im Becken:
Phase-I/II-Studien
- Prostata: klinische Studie ist aktiviert
- Etwa 440 Patienten behandelt
- 70% Kohlenstoff vollfraktioniert
- 30% Kohlenstoffboost + konforme Photonentherapie in Heidelberg

GSI: Klinische Studie II: ACCs

Lokale
Tumor-
Kontrolle



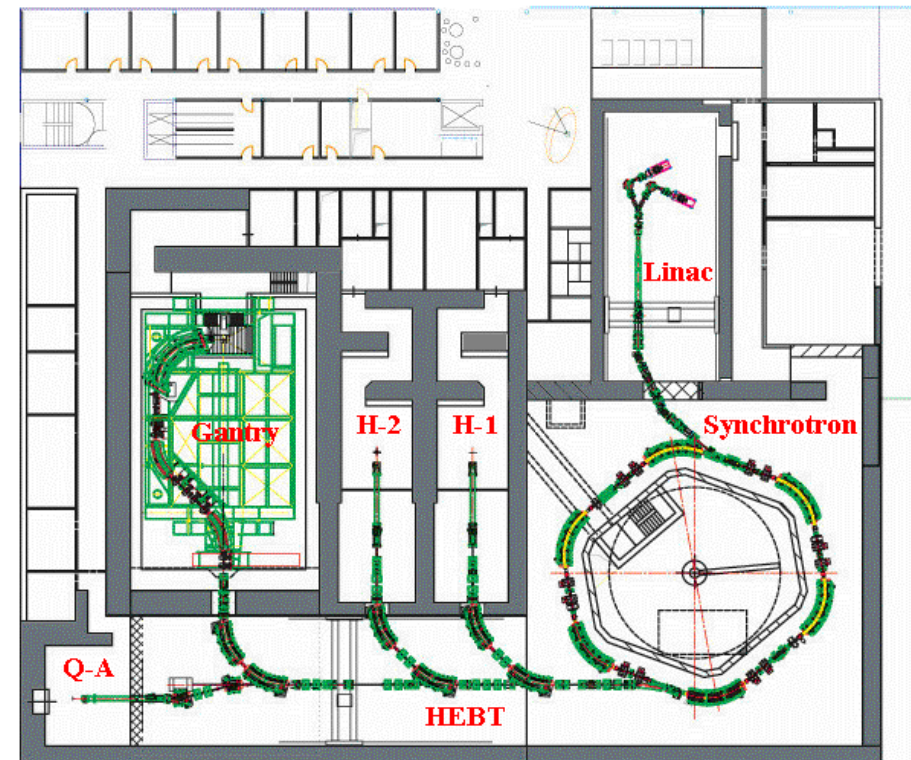
[Schulz-Ertner et al., Cancer 2004]

Anforderungen an das Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum

Bereitstellung der Technologie zur Behandlung großer Patientenzahlen mit unterschiedlichen Ionen in klinischen Studien bei minimalen methodischen Einschränkungen basierend auf den Schlüsselentwicklungen des Pilotprojekts@GSI.

Vorgaben:

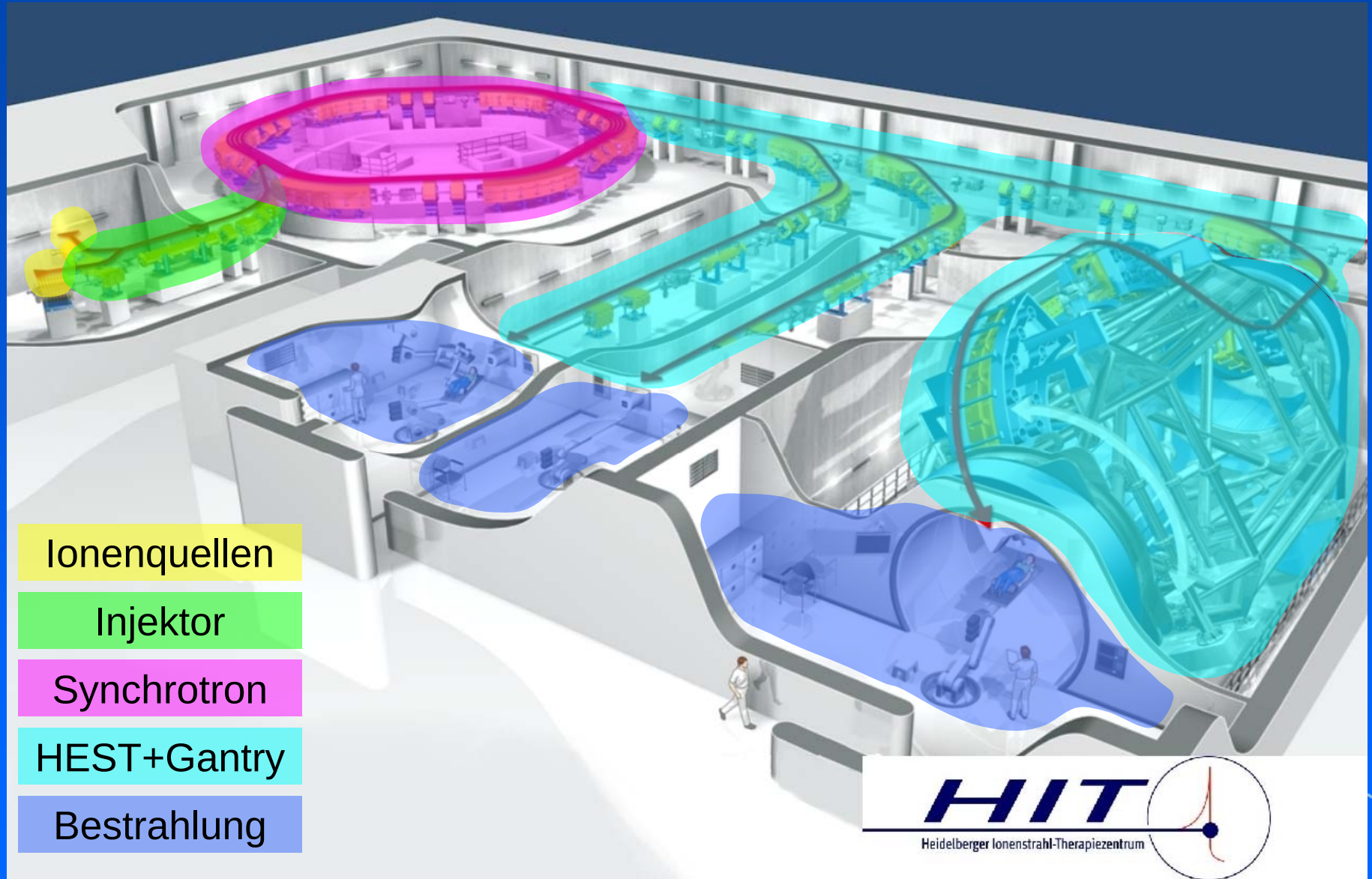
- Anbindung an die Kopfklinik in kompaktem Design (60m x 70m)
- Anwendung des Rasterscanverfahrens
- Bestrahlung mit mehreren Ionensorten im schnellen Wechsel
- Weltweit erste scannende Schwerionengantry
- ca. 1300 Patienten/Jahr

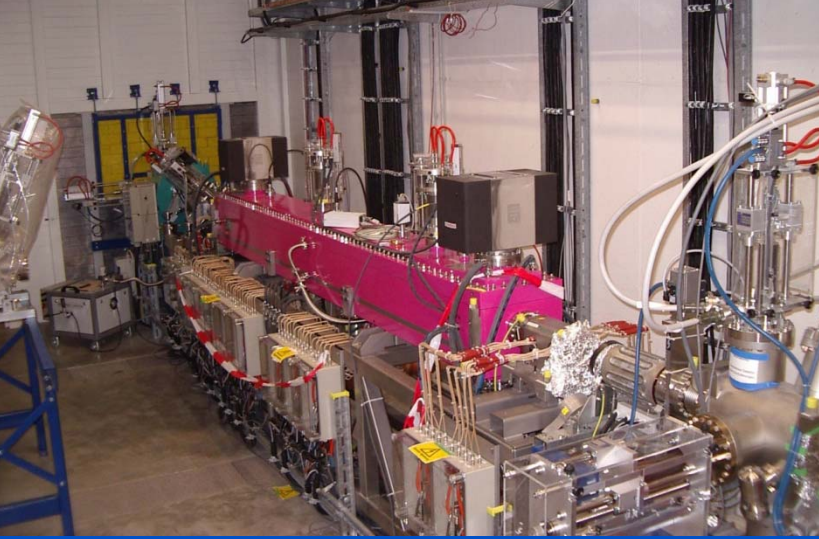


HIT Gebäude



Anlagenübersicht





Injektor

GS I
Gesellschaft für Schwerionenforschung Darmstadt



Synchrotron

Gantry



Ionenstrahlparameter

- **4 Ionensorten:**

Protonen, Helium-, Kohlenstoff- und Sauerstoffionen

- **255 Energiestufen:**

- Protonen: 48... 221 MeV / u
- Kohlenstoff: 89... 430 MeV / u

- **6 Fokusstufen:**

- Protonen (@E_{max}): 7,8... 20,0 mm
- Kohlenstoff (@E_{max}): 3,4... 20,0 mm

- **15 Intensitätsstufen:**

- Protonen: $8,0 \cdot 10^7 \dots 3,2 \cdot 10^9 \dots 2,0 \cdot 10^{10}$ Ionen / s
- Kohlenstoff: $2,0 \cdot 10^6 \dots 8,0 \cdot 10^7 \dots 5,0 \cdot 10^8$ Ionen / s

→ 91.800 Kombinationsmöglichkeiten

(ohne Berücksichtigung von Strahlquelle, Strahlziel und Gantrywinkel)

Medizintechnik

Identische
Positioniersysteme:

- fixed beam
- gantry

Workflowoptimierung

- automatisierte
QS-Abläufe

Positionsverifikation

- 2D
- 3D Cone beam CT

Plattform für weitere
Anwendungen/Abläufe,
z.B.

Patientenstuhl oder
automatische Übernahme
des Patienten vom Shuttle



SIEMENS

Clinical Trials @ HIT

1	Not yet recruiting	<u>Treatment of Malignant Sinonasal Tumours With Intensity-modulated Radiotherapy (IMRT) and Carbon Ion Boost (C12)</u> Conditions: Sinonasal Malignancies;; Adenocarcinoma and Squamous Cell Carcinoma of the Paranasal Sinuses Intervention: Radiation: carbon ion boost
2	Recruiting	<u>TPF Followed by Cetuximab and IMRT Plus Carbon Ion Boost for Locally Advanced Head and Neck Tumors</u> Condition: Locally Advanced Squamous Cell Carcinoma of the Head and Neck (SCCHN): Oro-, Hypopharyngeal and Laryngeal Cancer Intervention: Radiation: carbon ion boost
3	Recruiting	<u>Trial of Proton Versus Carbon Ion Radiation Therapy in Patients With Low and Inter-mediate Grade Chondrosarcoma of the Skull Base</u> Condition: Chondrosarcoma Interventions: Radiation: carbon ion therapy; Radiation: proton therapy
4	Recruiting	<u>Trial of Proton Versus Carbon Ion Radiation Therapy in Patients With Chordoma of the Skull Base</u> Conditions: Chordoma; Tumor; Treatment Interventions: Radiation: Carbon ion; Radiation: Protons
5	Recruiting	<u>CO(Mbined Therapy of Malignant) S(ALivary Gland tu)M(Ours With)I(MRT and) c(Arbon Ions): COSMIC</u> Conditions: Malignancy; Salivary Glands; Tumor Intervention: Radiation: carbon ion boost
6	Not yet recruiting	<u>Carbon Ion Radiotherapy for Atypical Meningiomas</u> Condition: Meningioma Intervention: Radiation: Carbon Ion Radiotherapy
7	Not yet recruiting	<u>Carbon Ion Radiotherapy for Recurrent Gliomas</u> Condition: Glioma Interventions: Radiation: Carbon Ion Radiotherapy; Radiation: Fractionated Stereotactic Radiotherapy (FSRT)
8	Recruiting	<u>Carbon Ion Radiotherapy for Primary Glioblastoma</u> Condition: Primary Glioblastoma Interventions: Radiation: Carbon Ion Radiotherapy; Radiation: Proton Radiotherapy
9	Not yet recruiting	<u>Adenoid Cystic Carcinoma, Erbitux, and Particle Therapy</u> Condition: Adenoid Cystic Carcinoma Intervention: Drug: cetuximab weekly
10	Not yet recruiting	<u>Carbon Ion Radiotherapy for Hepatocellular Carcinoma</u> Condition: Hepatocellular Carcinoma Intervention: Radiation: Carbon Ion Radiotherapy

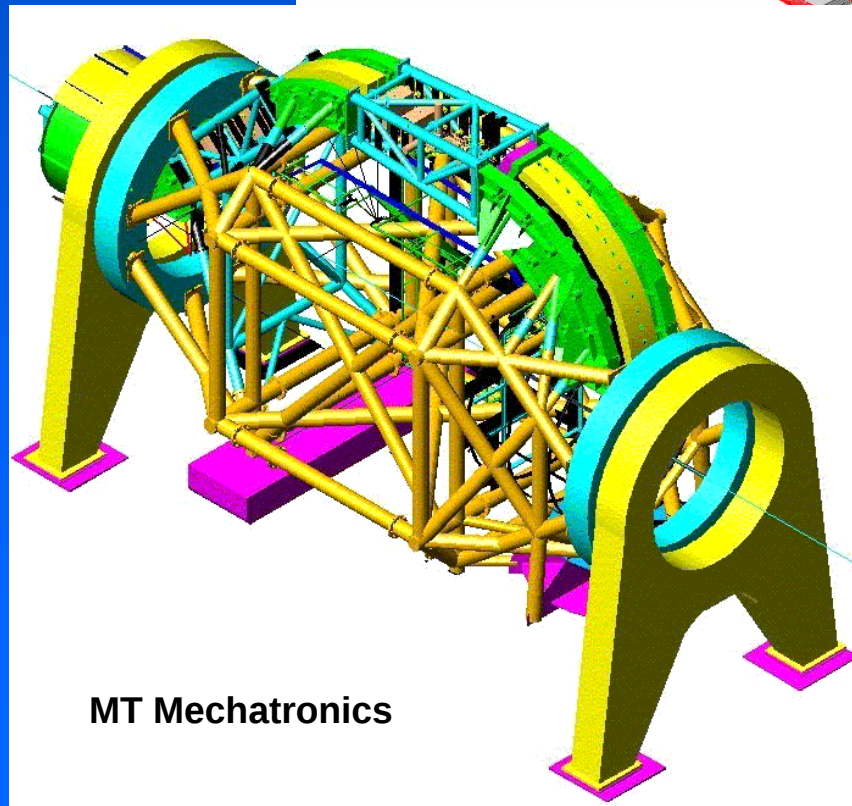
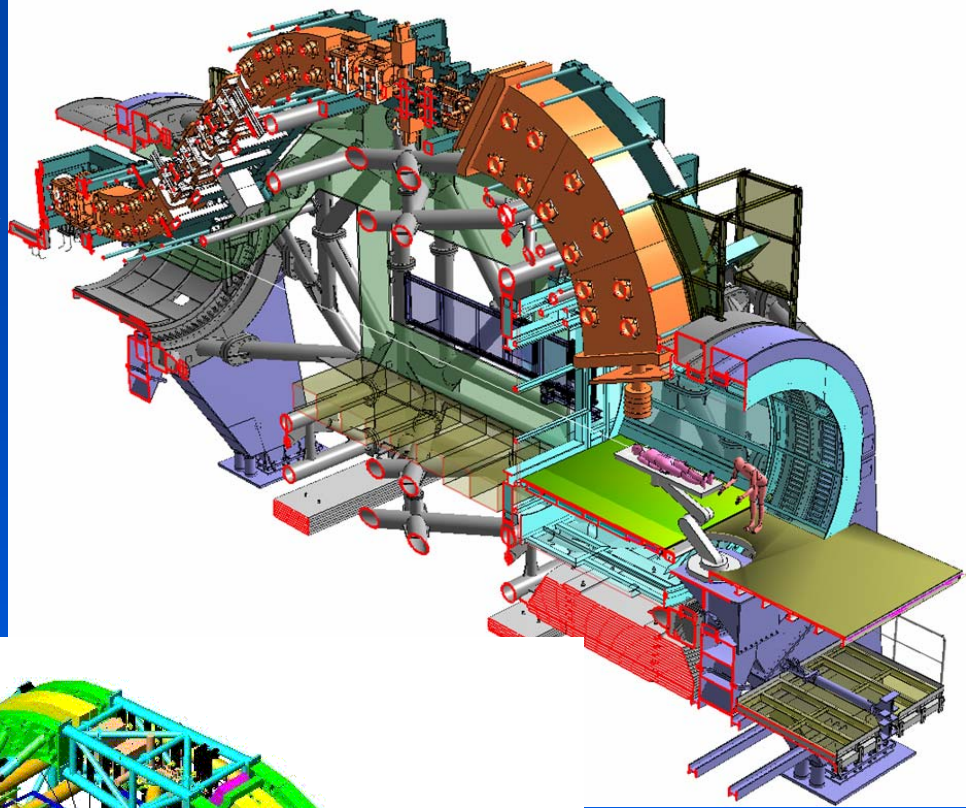
ClinicalTrials.gov
A service of the U.S. National Institutes of Health

Ausblick



Scannende Schwerionengantry

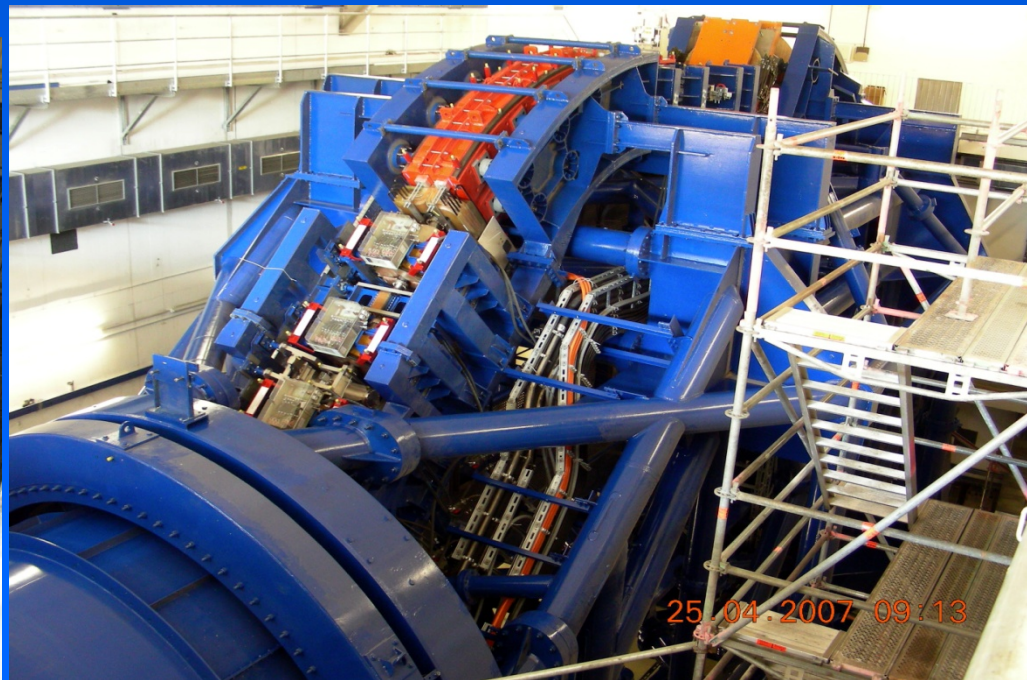
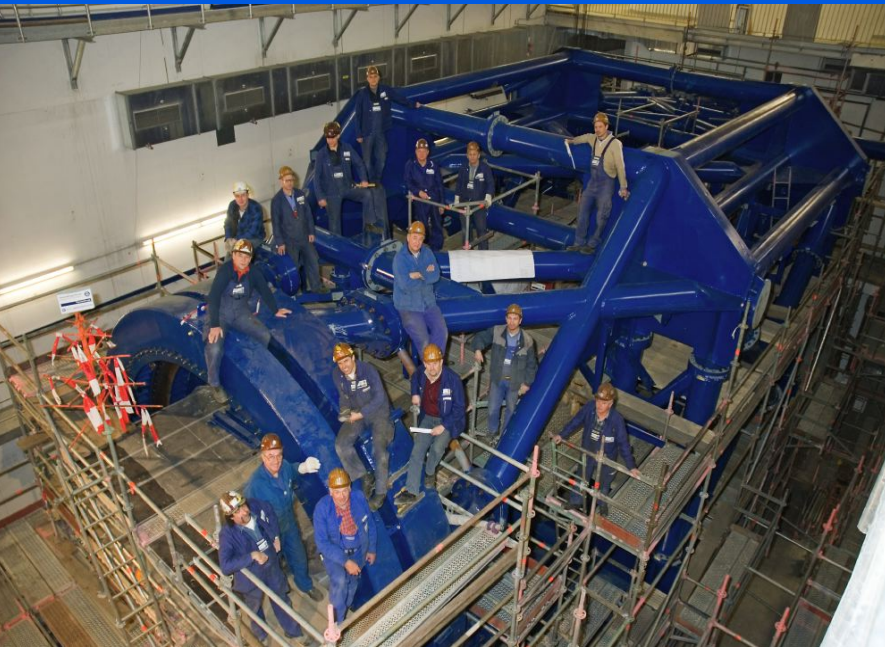
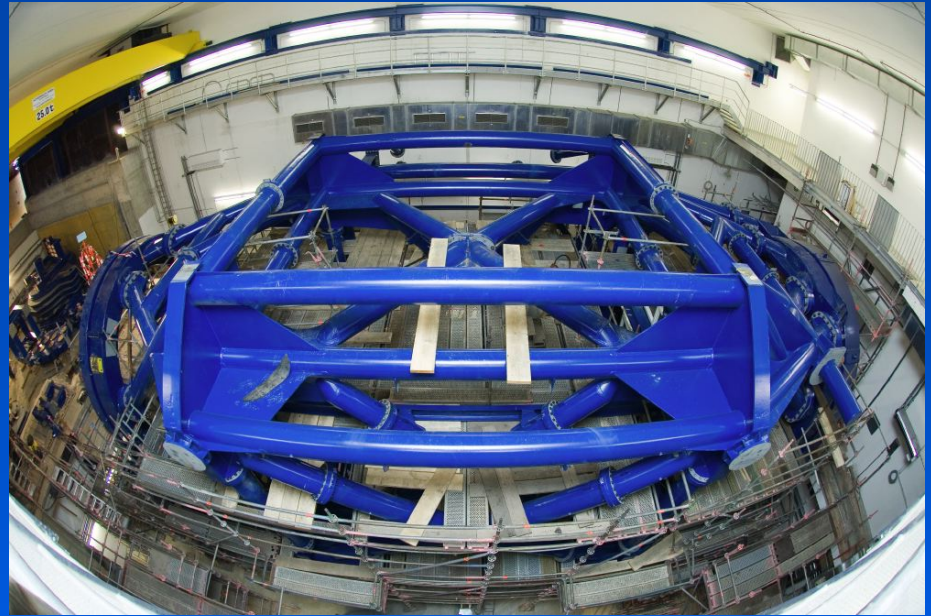
- Optimale Dosisapplikation durch beliebige Einstrahlrichtungen
- Weltweit erste Schwerionengantry
- Erstmalige Integration des Rasterscanverfahrens
- 13m Durchmesser
25m Länge
600to Gesamtgewicht
420to drehend
0,5mm max. Deformation
- Prototypsegment bei GSI erfolgreich getestet



MT Mechatronics



Einbringung und Montage



Gantry / Medizintechnik

Patient Gantry Room November 2007

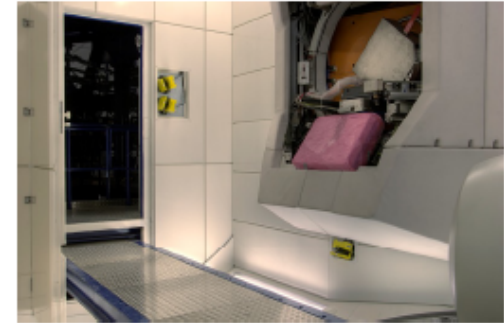


Tilt floor, pending on
Gantry position

Nozzle

Bumber mats

Patienttable,
Roboter



Herzlichen Dank!

Fragen?

www.hit-heidelberg.com

