



Strahlentherapie in Österreich – Perspektiven von Photonen- und Ionentherapie

Dipl.-Ing. Lukas Sölkner, B.Sc.

- **2006:** Matura, HTBLuVA Waidhofen/Ybbs
 - *Schwerpunkt:* Wirtschaftsingenieurwesen
- **2007-2011:** Bachelorstudium der Technischen Physik, TU Wien
- **2011-2013:** Masterstudium Biomedizinische Technik, TU Wien
 - *Schwerpunkt:* Medical Physics and Imaging
- **2012-2013:** Diplomarbeit an der Radioonkologie, AKH Wien
 - Vorstudie für Medastron; Vergleichsstudie
- **Ab 2014:** Klinischer Betrieb, AKH Wien
- **Ab 2014:** Beginn Master of Advanced Studies: Medizinische Physik, MedUni Wien

1. Grundlagen

- Geschichtlicher Überblick
- Motivation
- Wechselwirkungen im klinischen Betrieb
 - Photonen
 - Protonen/Ionen

2. Strahlentherapie

- Photonen
 - Linearbeschleuniger (LINACS)
 - Bestrahlungstechniken (CRT, IMRT/IMXT)
- Ionen
 - Kreisbeschleuniger (Synchrotron)
 - Bestrahlungstechniken (SFUD/IMPT/12C)

3. Vergleichsstudie

- Gegenüberstellung IMXT, IMPT, 12C
- Dosimetrischer Vergleich - Dosisverteilung
- Patienten mit Meningiomen
- Vergleich Zielvolumen und Risikoorgane



1. Grundlagen

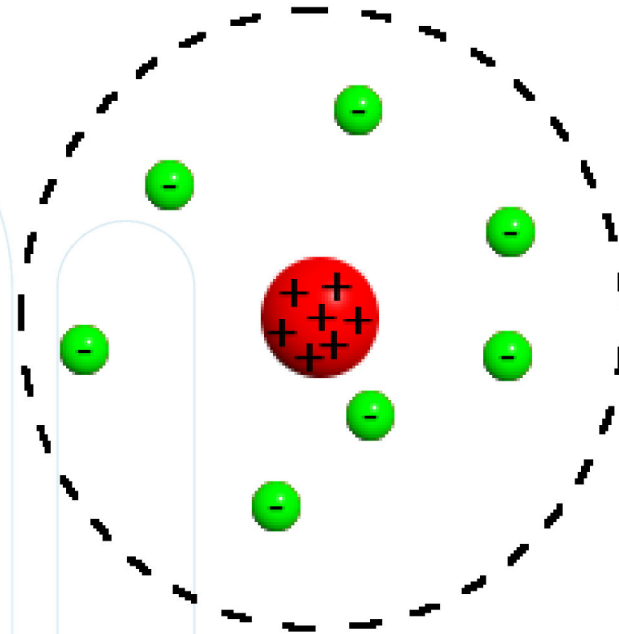
1. Grundlagen / Geschichte

- **1895: W. C. Röntgen entdeckt neue Strahlung
(Röntgenstrahlung bzw. X-Rays)**
- **1896: L. Freund erste Radiotherapie in Wien**
- **Um 1930: C. Regaud und H. Coutard führen die fraktionierte
Therapie ein**
- **1960 – heute: Anwendung von Linearbeschleuniger
($E = 10 \text{ keV} - 18 \text{ MeV}$)**



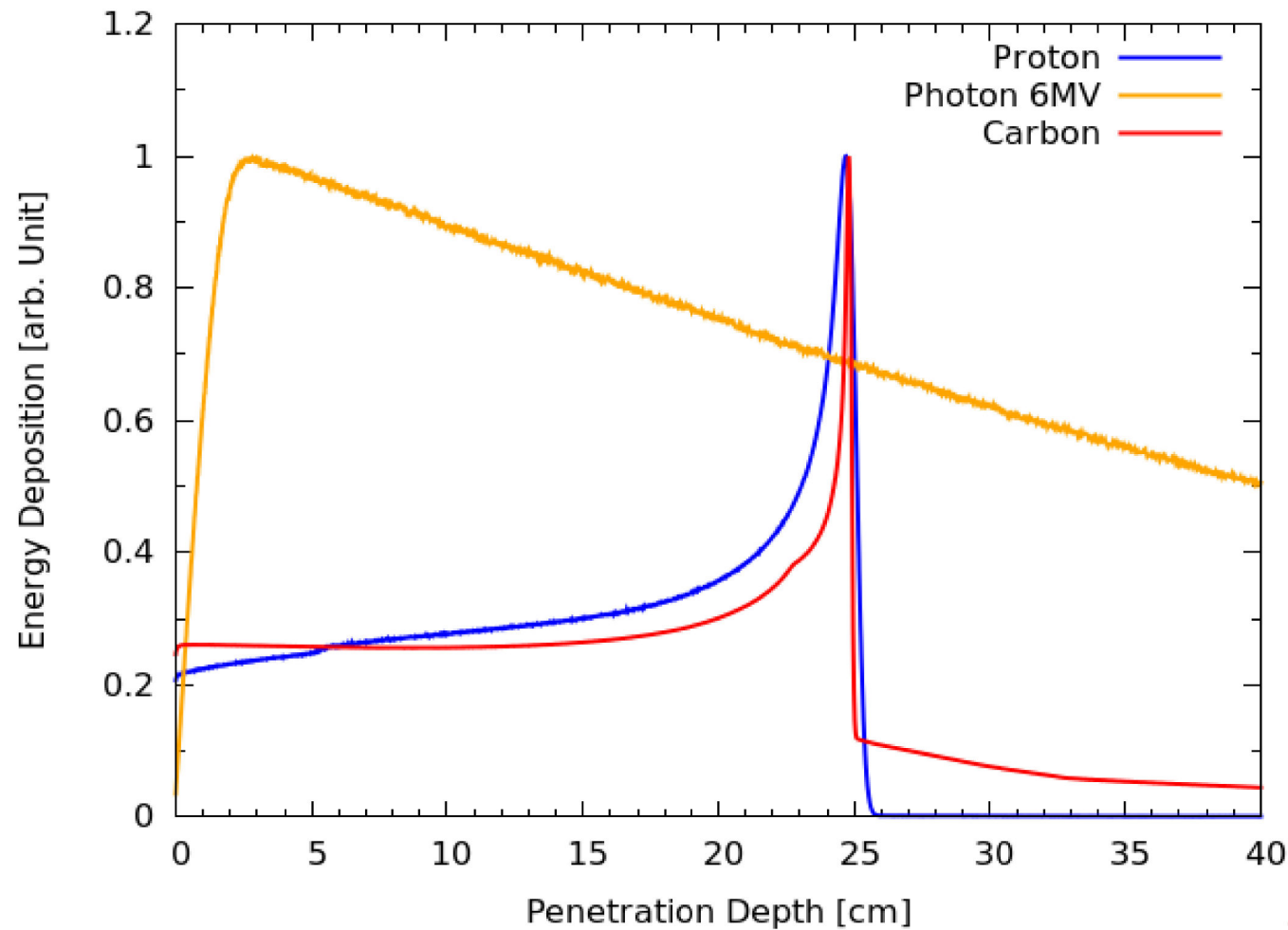
1. Grundlagen / Geschichte

- **1911: E. Rutherfords Atommodell**
- **1919: Entdeckung des “Protons”**
- **1930-1950: Kreisbeschleuniger**
- **1946: R. Wilson schlägt Protonen und Leichtionen aufgrund Dosisverteilungen für Krebsbestrahlung vor**



1. Grundlagen / Motivation

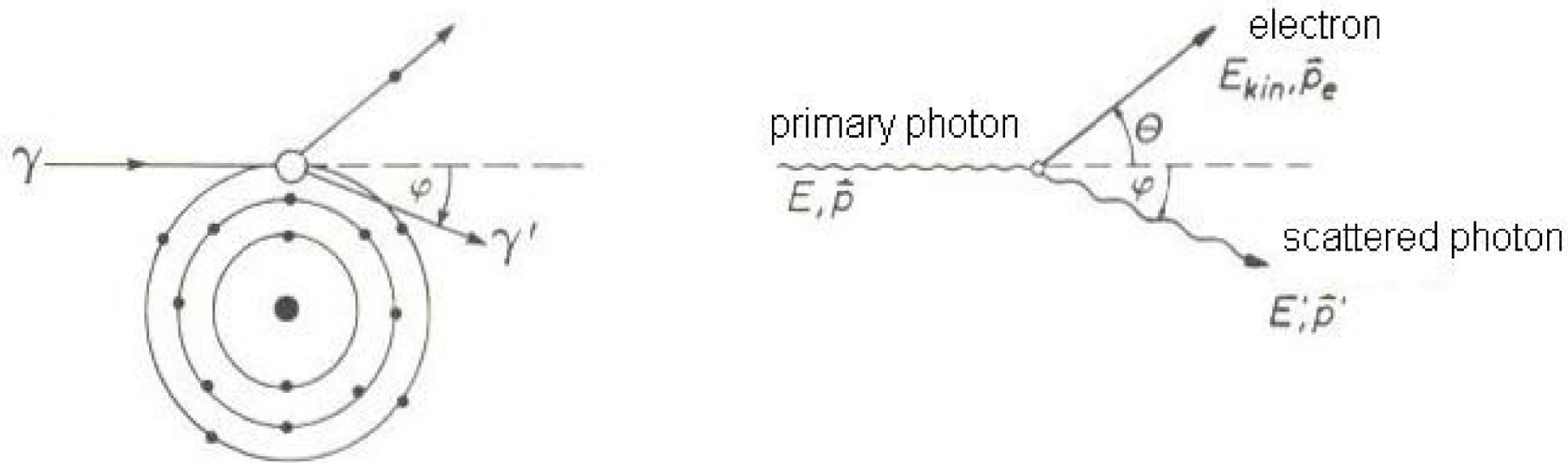
Tiefendosisverteilung von Photonen, Protonen und Kohlenstoffionen als Funktion der Eindringtiefe



Courtesy H. Fuchs

1. Grundlagen / Wechselwirkungen (Photonen)

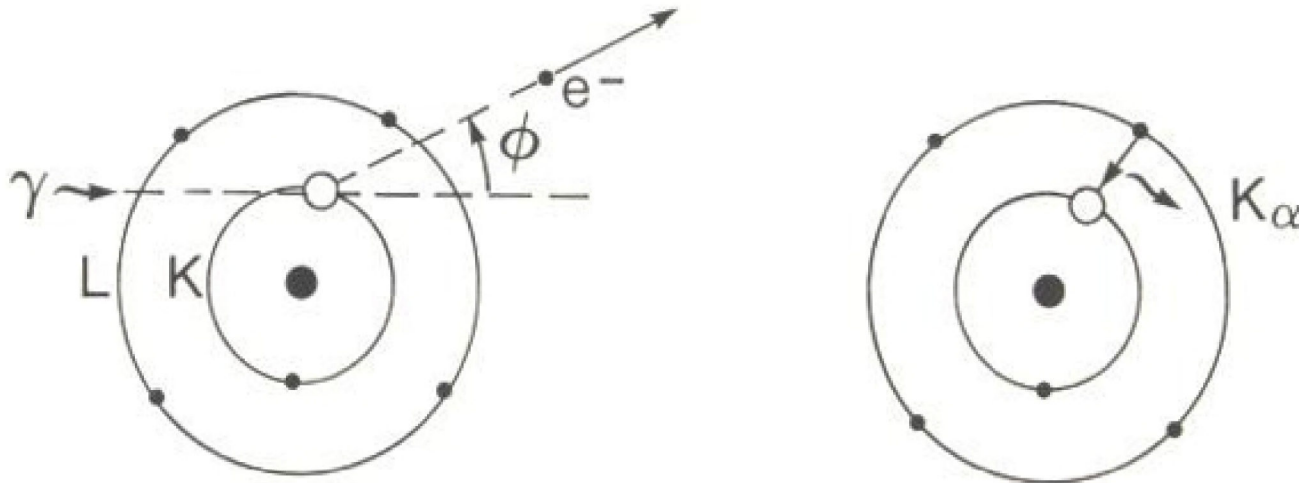
- Kohärente Streuung
- Inkohärente Streuung (Comptonstreuung):



Courtesy H. Krieger und W. Petzold, "Strahlenphysik, Dosimetrie und Strahlenschutz I."

1. Grundlagen / Wechselwirkungen (Photonen)

- **Photoelektrischer Effekt:**

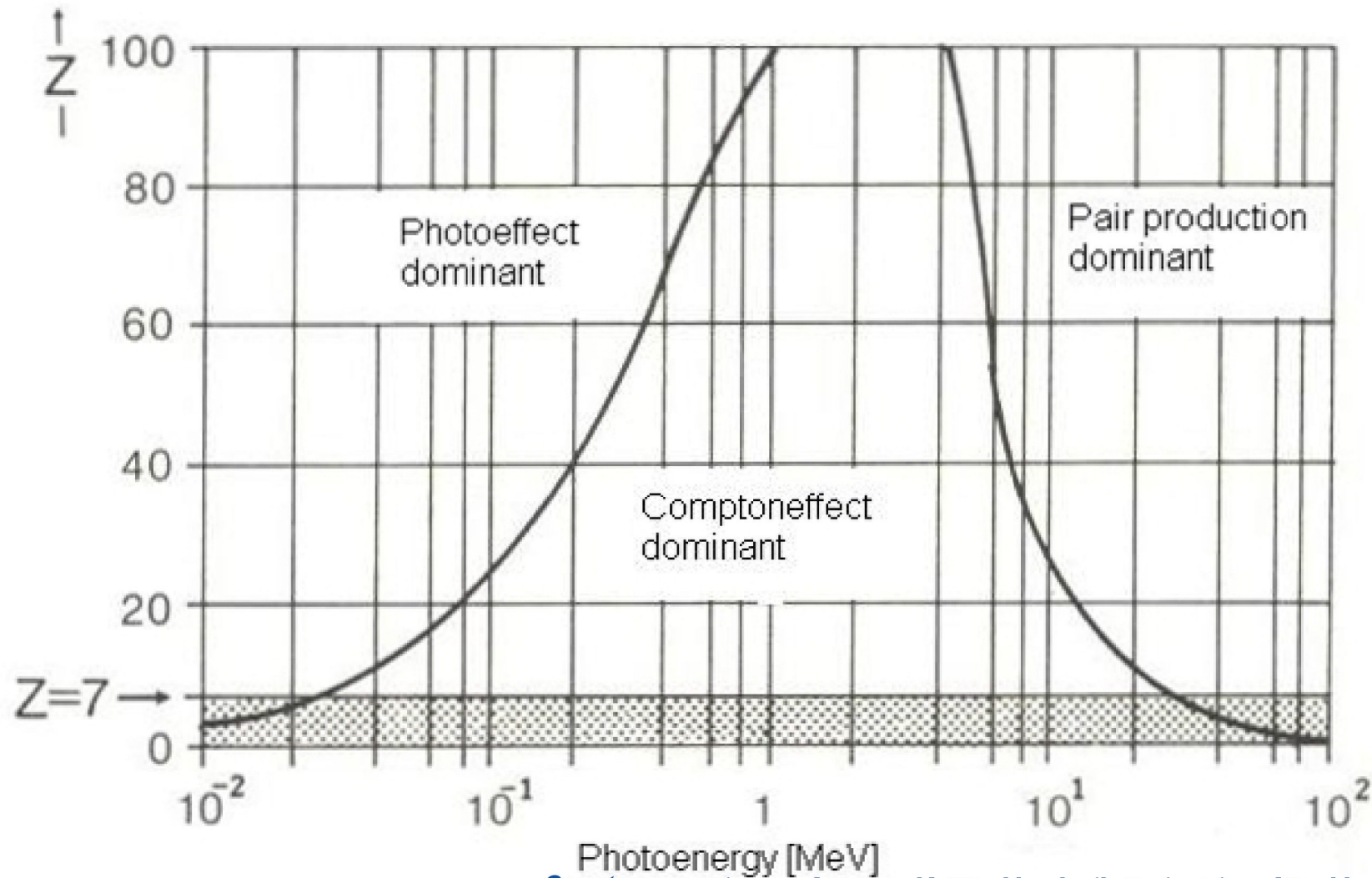


- **Paarbildung:**

Bildung von Elektron-Positronpaar > 1.022 MeV

Courtesy H. Krieger und W. Petzold, "Strahlenphysik, Dosimetrie und Strahlenschutz I."

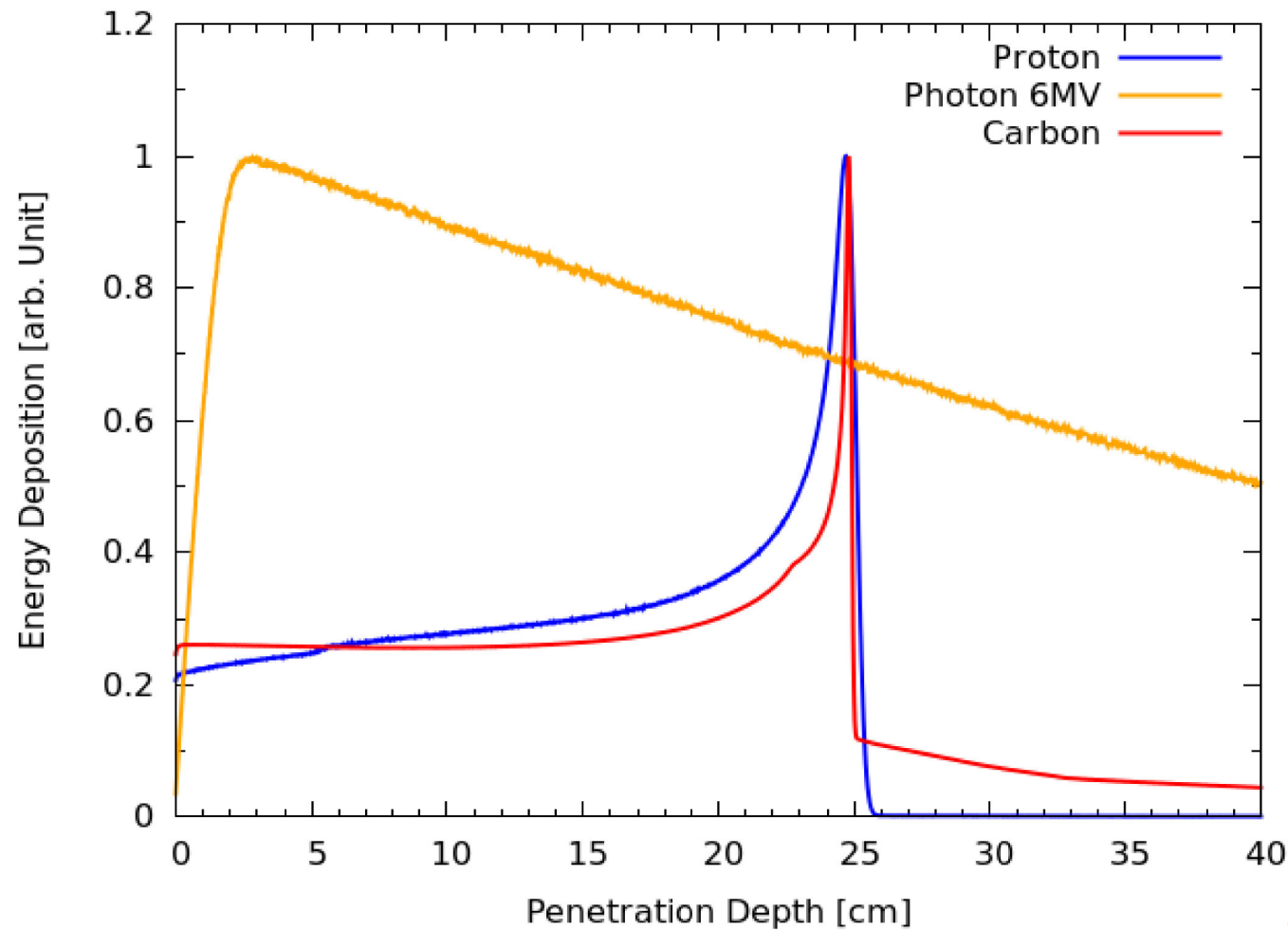
1. Grundlagen / Wechselwirkungen (Photonen)



Courtesy H. Krieger und W. Petzold, "Strahlenphysik, Dosimetrie und Strahlenschutz I."

1. Grundlagen / Motivation

Tiefendosisverteilung von Photonen, Protonen und Kohlenstoffionen als Funktion der Eindringtiefe



Courtesy H. Fuchs

1. Grundlagen / Wechselwirkungen (Ionen)

- **Bremsvermögen (Stopping power)**

$$S_{col} = \frac{dE}{dx_{col}} \approx \rho \frac{Z}{A} \frac{(z * e)^2}{v^2}$$

... Materialeigenschaft (Energieabsorptionsvermögen)

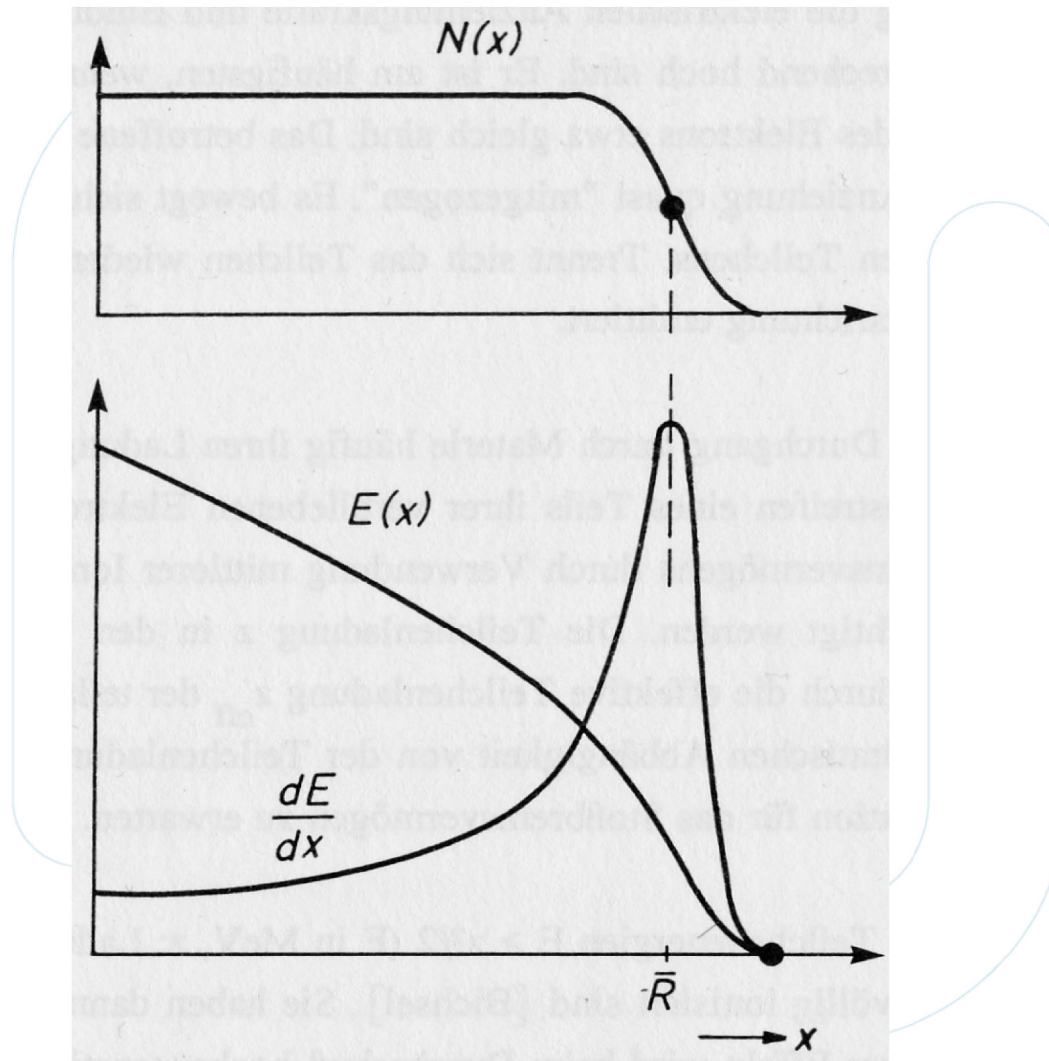
ρ ... Dichte des Materials

Z/A ... Ordnungszahl/Nukleonenzahl des Materials

z/e ... Ladungen des Ions

v ... Geschwindigkeit des Ions

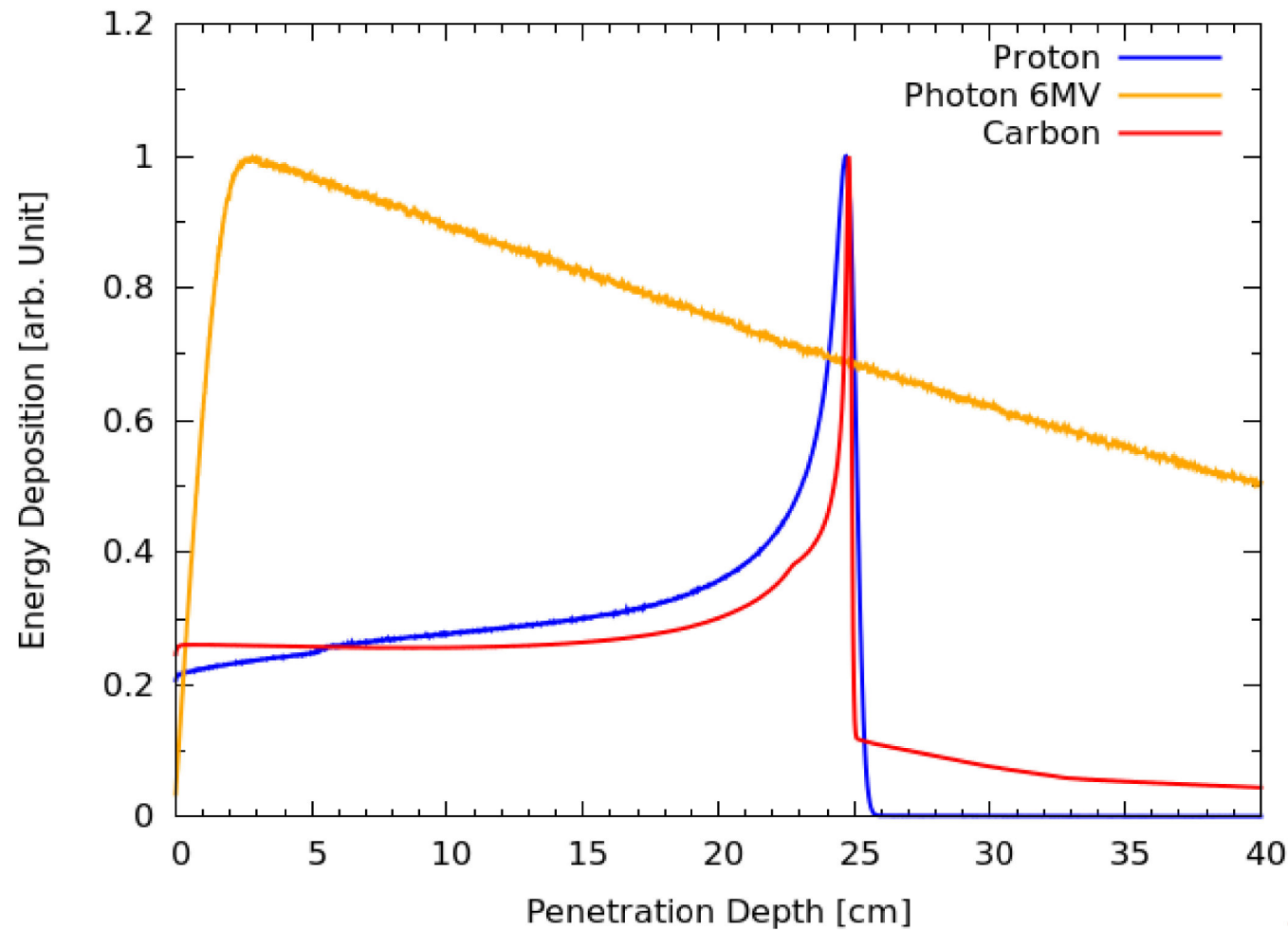
1. Grundlagen / Wechselwirkungen (Ionen)



Courtesy H. Krieger und W. Petzold, "Strahlenphysik, Dosimetrie und Strahlenschutz I."

1. Grundlagen / Motivation

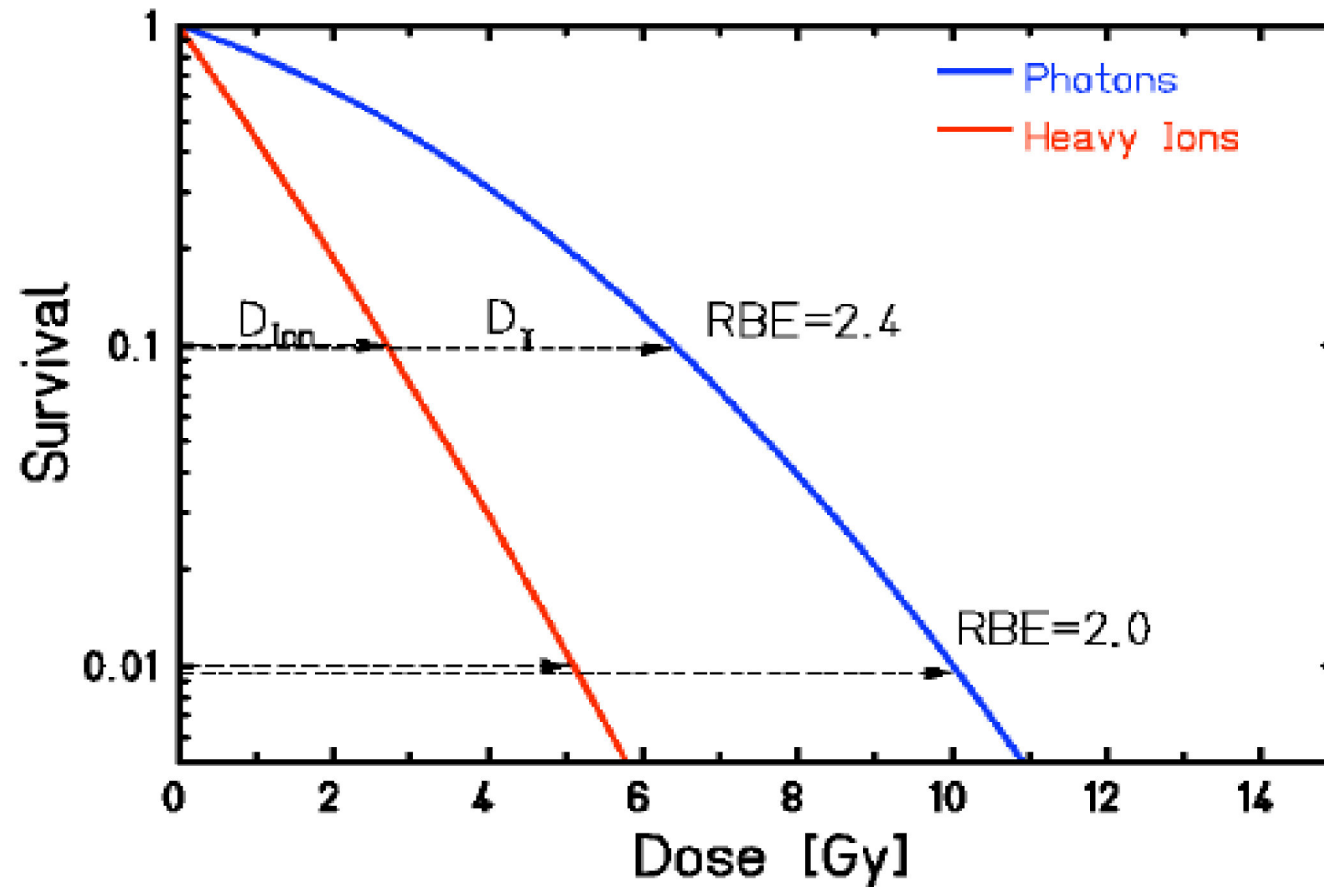
Tiefendosisverteilung von Photonen, Protonen und Kohlenstoffionen als Funktion der Eindringtiefe



Courtesy H. Fuchs

1. Grundlagen / Wechselwirkungen (Ionen)

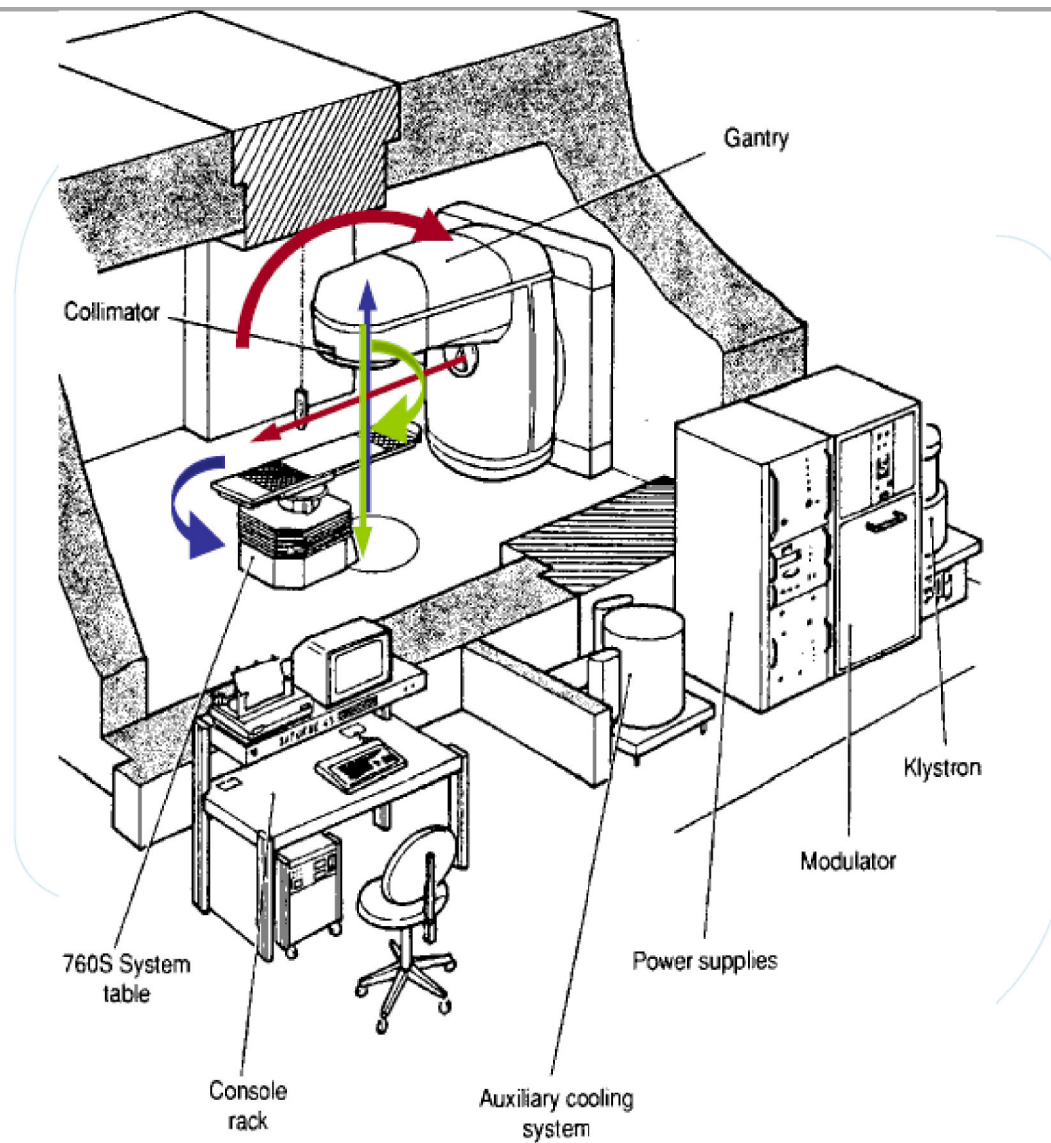
- Relative biologische Effizienz (RBE):

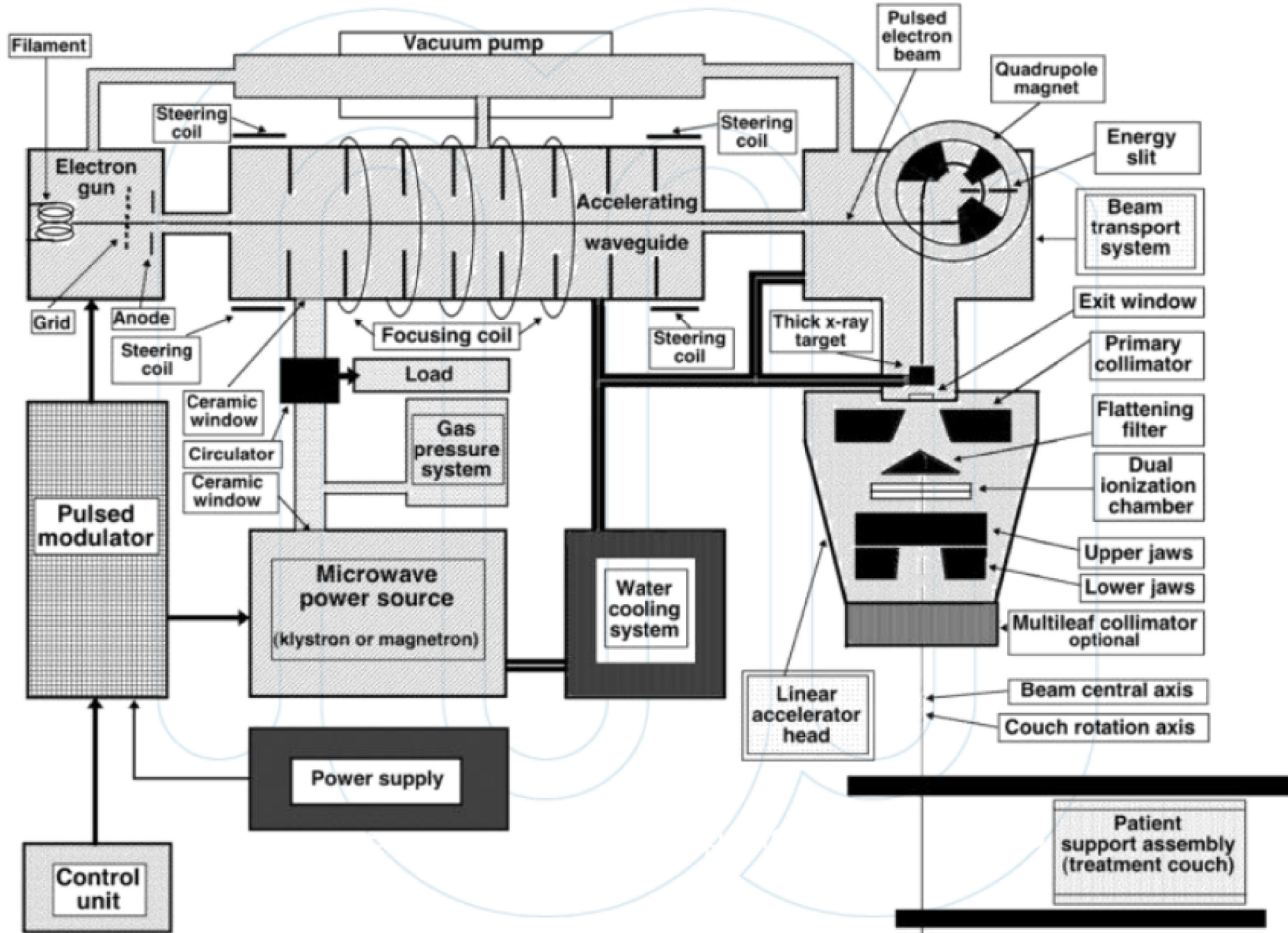




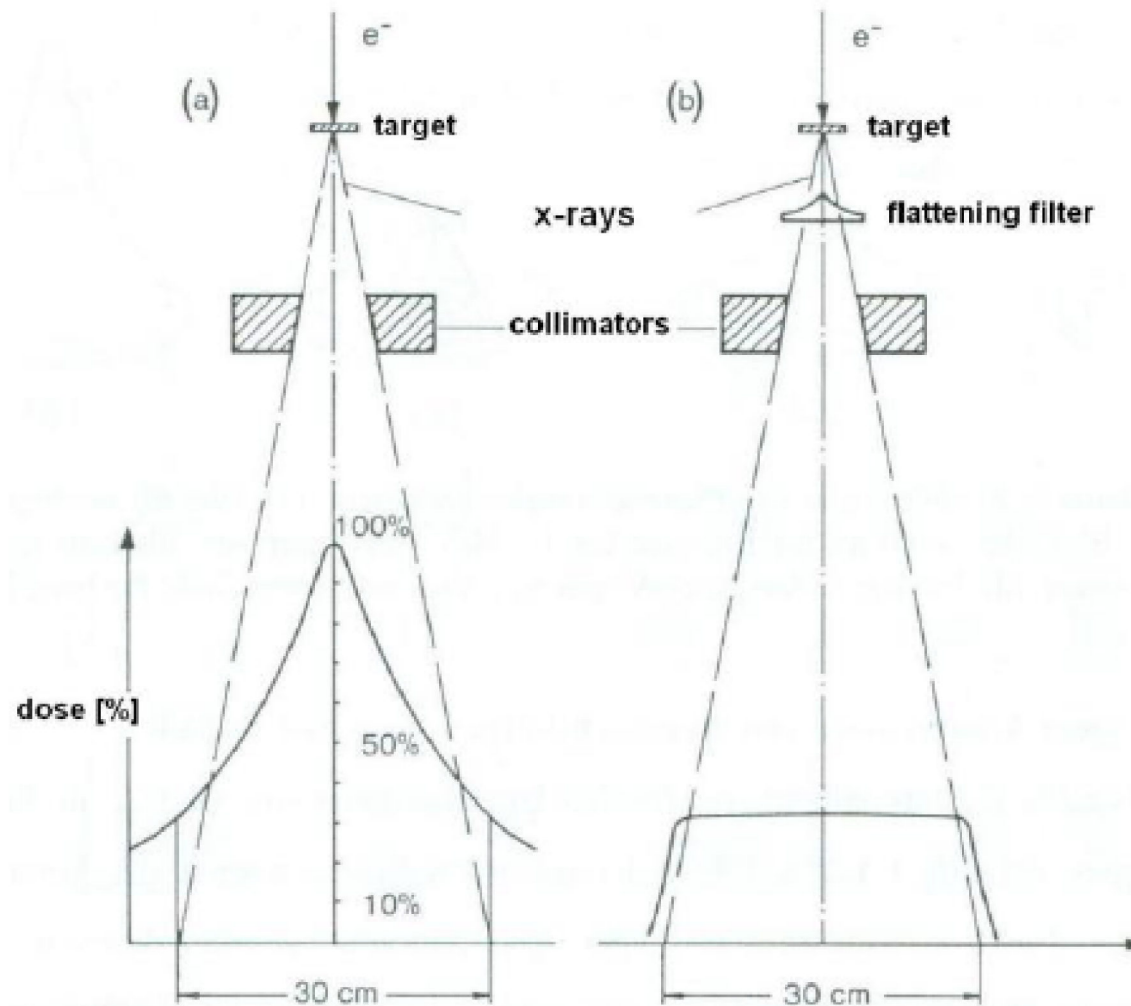
2. Strahlentherapie

2. Strahlentherapie / Linearbeschleuniger - Photonen





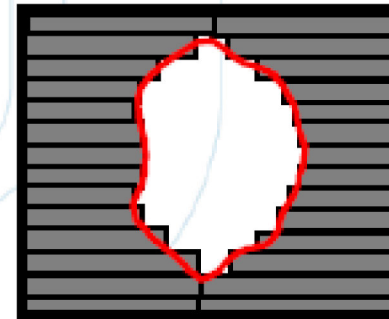
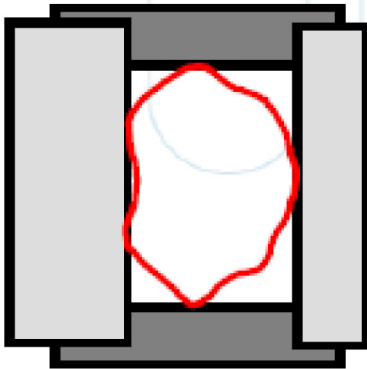
2. Strahlentherapie / Linearbeschleuniger - Photonen



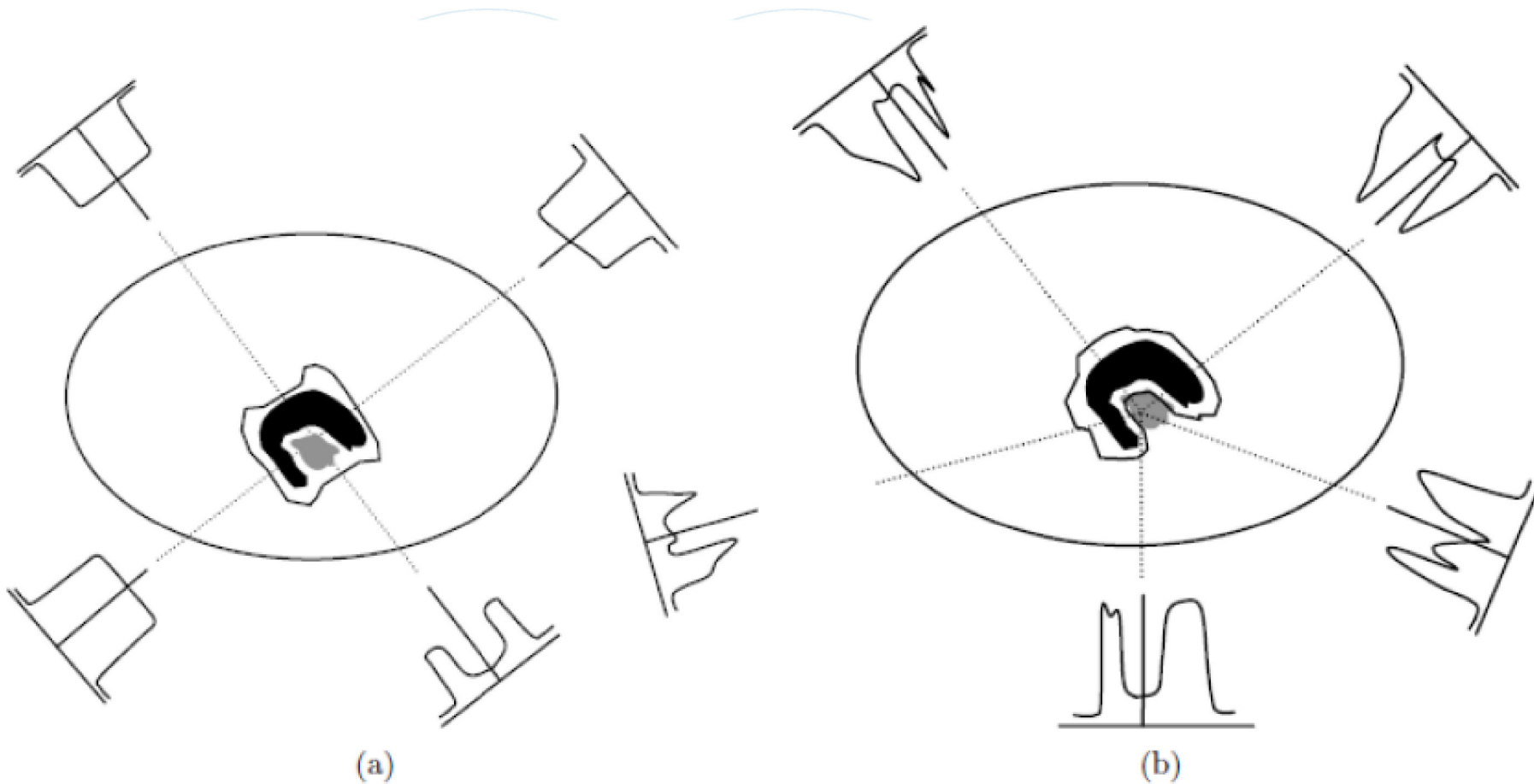
Courtesy H. Krieger und W. Petzold, "Strahlenphysik, Dosimetrie und Strahlenschutz II."

2. Strahlentherapie / Linearbeschleuniger - Photonen

- Multileaf Collimator (MLC):
 - Viele aneinandergereihte Wolframblätter
 - Individuell steuerbar
 - Spezifische Formung des Strahlenfeldes möglich



2. Strahlentherapie / Bestrahlungstechniken - Photonen

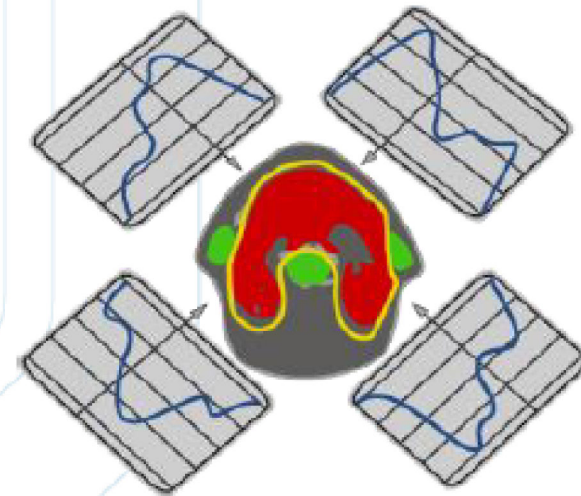
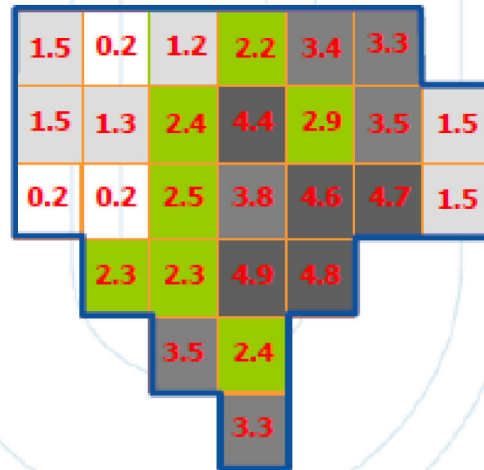
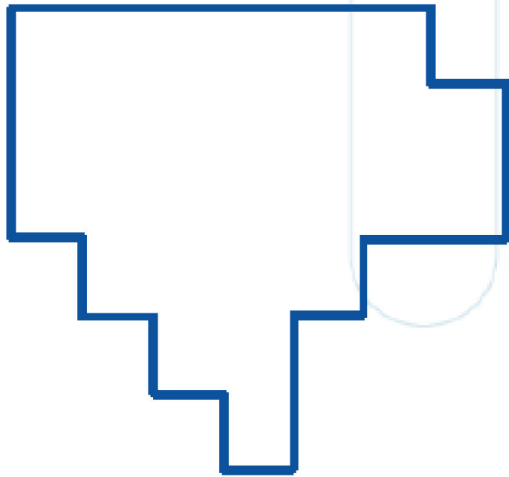


Forward Planning
(Konformale Radiotherapie)

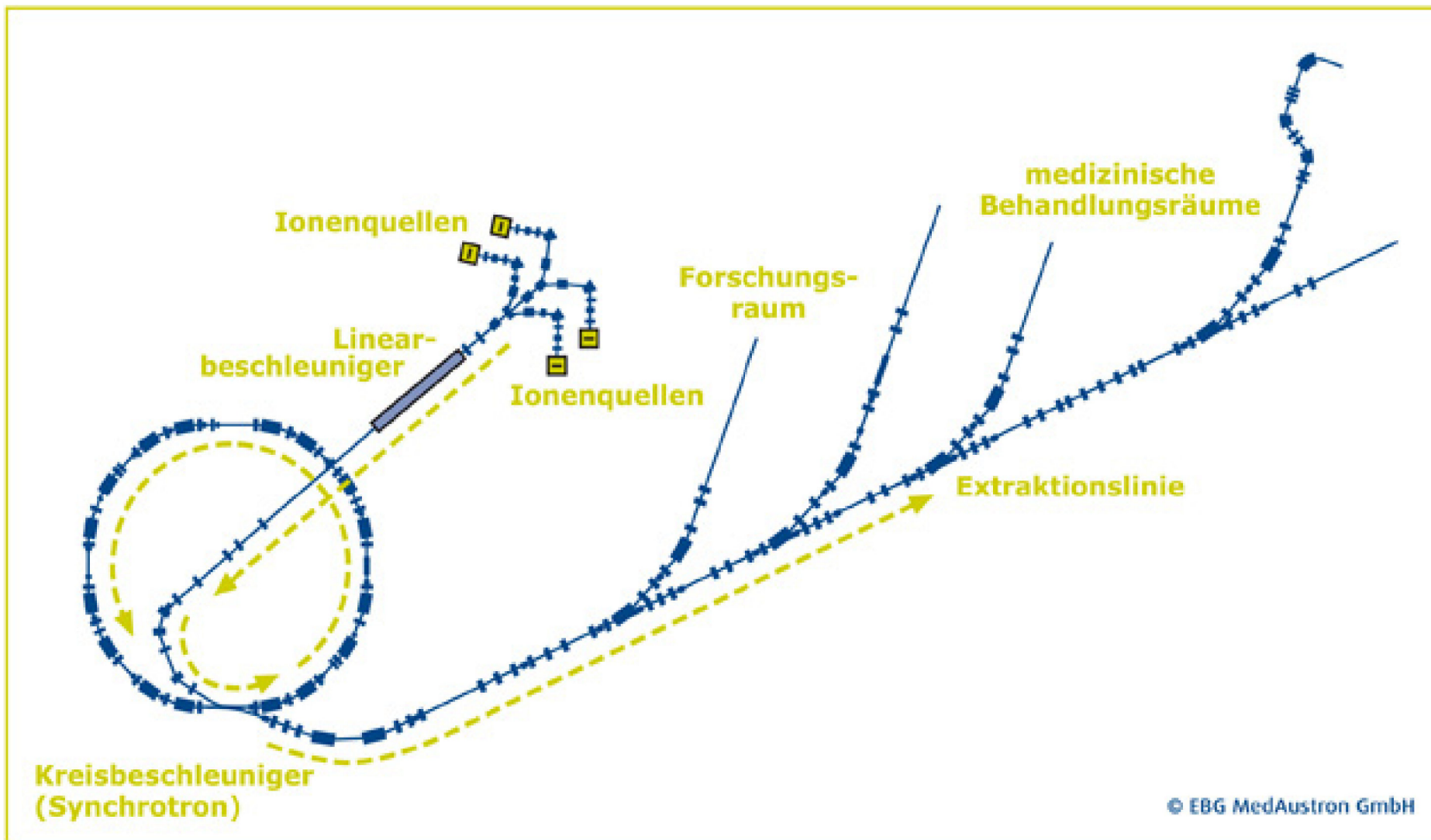
Inverse Planning
(Intensitätsmodulierte Radiotherapie)

2. Strahlentherapie / Bestrahlungstechniken - Photonen

- Intensitätsmodulierte Radiotherapie (IMRT/IMXT):
 - Keine einheitlichen Strahlenintensitäten
 - Dosis individuell “formbar” entsprechend “fluence maps”
 - Planungssystem optimiert, MLC definiert und erstellt “beamlets”

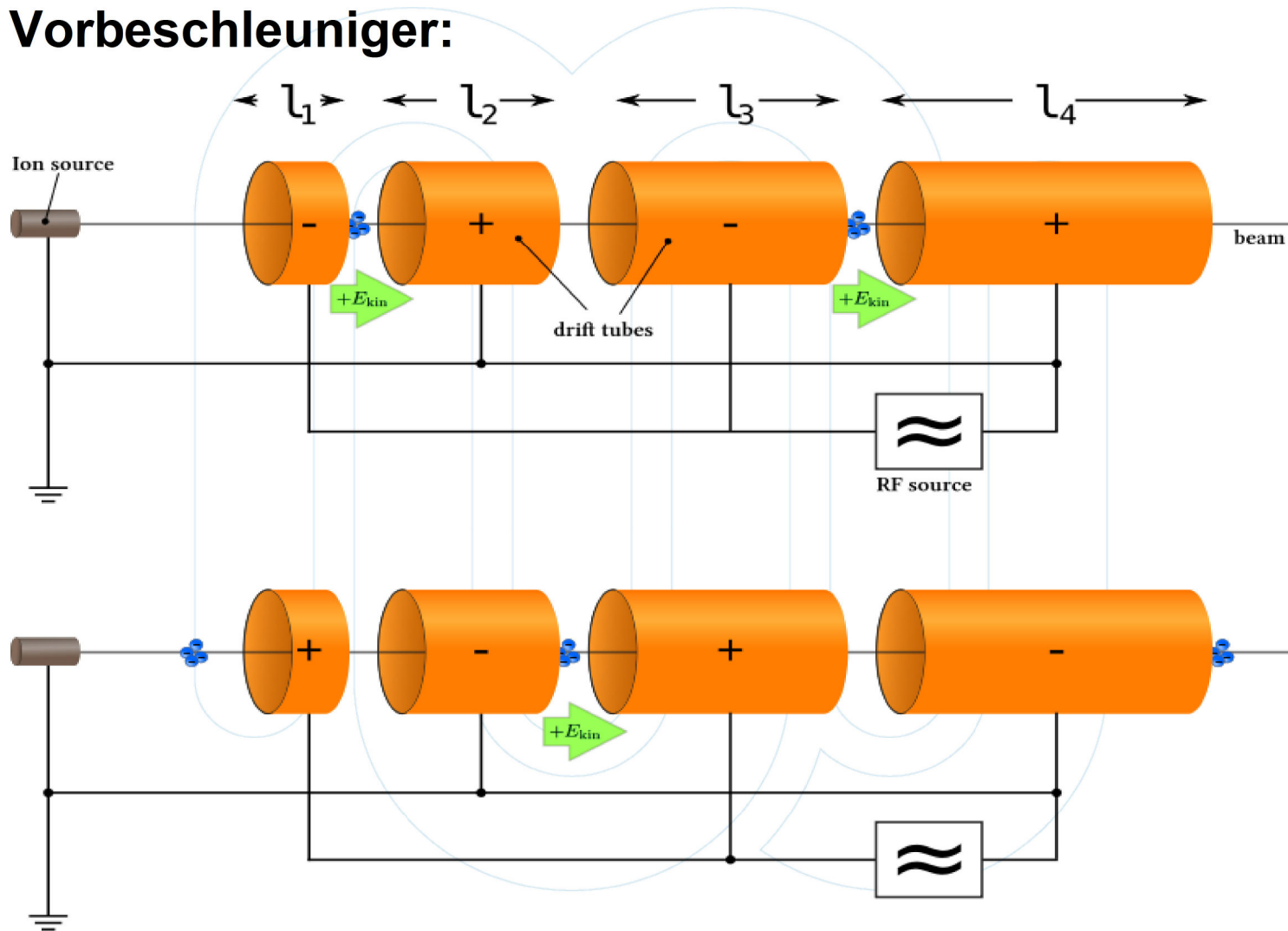


2. Strahlentherapie / Kreisbeschleuniger - Ionen



2. Strahlentherapie / Kreisbeschleuniger - Ionen

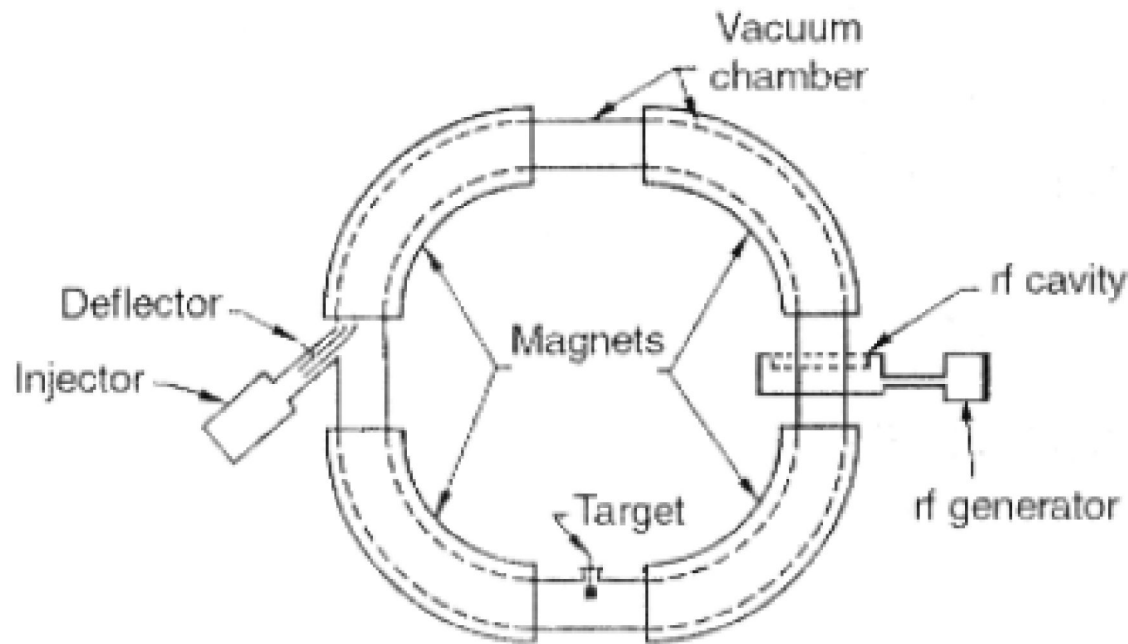
- **Vorbeschleuniger:**



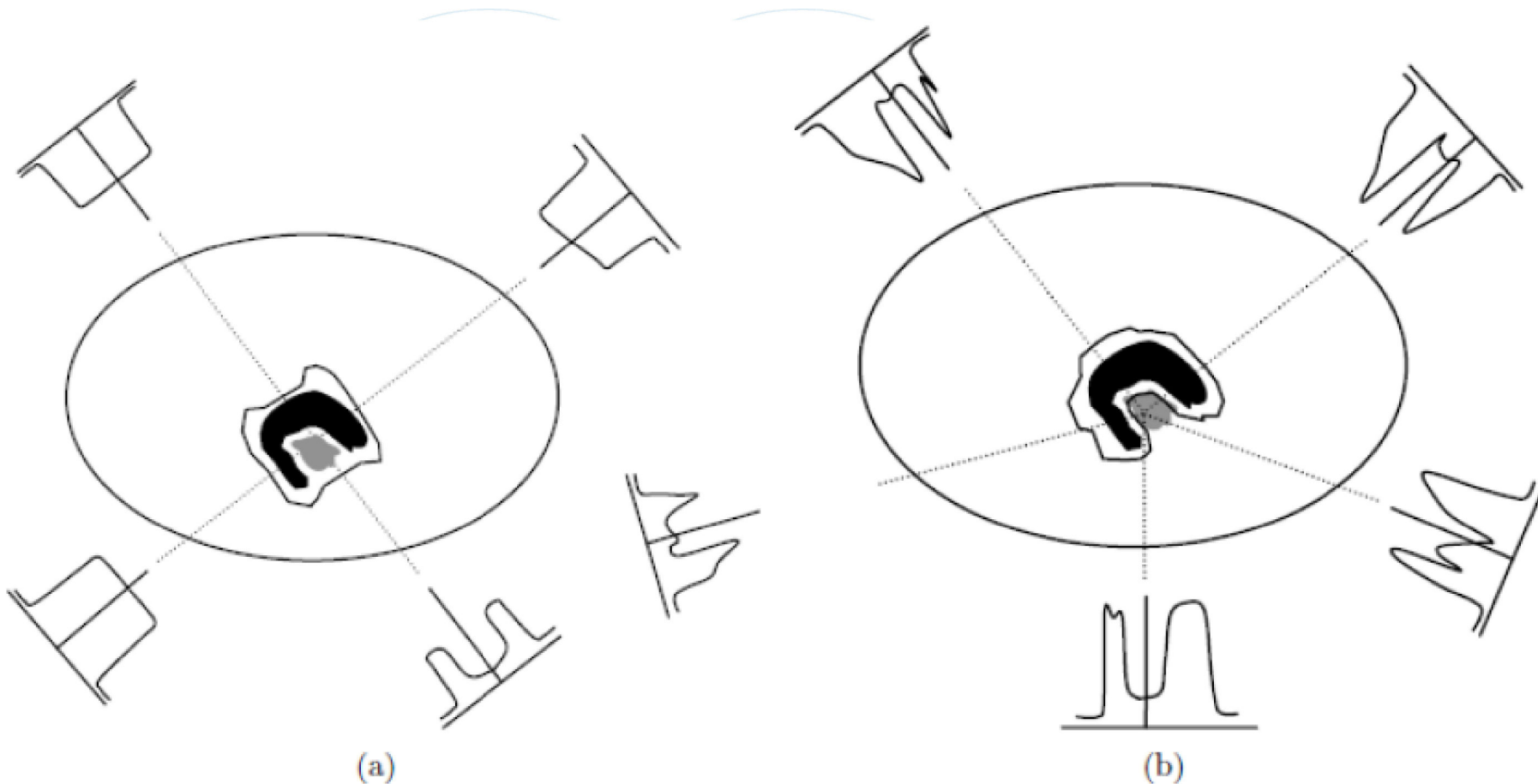
2. Strahlentherapie / Kreisbeschleuniger - Ionen

- **Synchrotron:**

- Dipolmagnete: Beugefunktion
- Quardupolmagnete: örtliche Fokussierung
- Sextupol- Oktupolmagnete: Impulsfokussierung

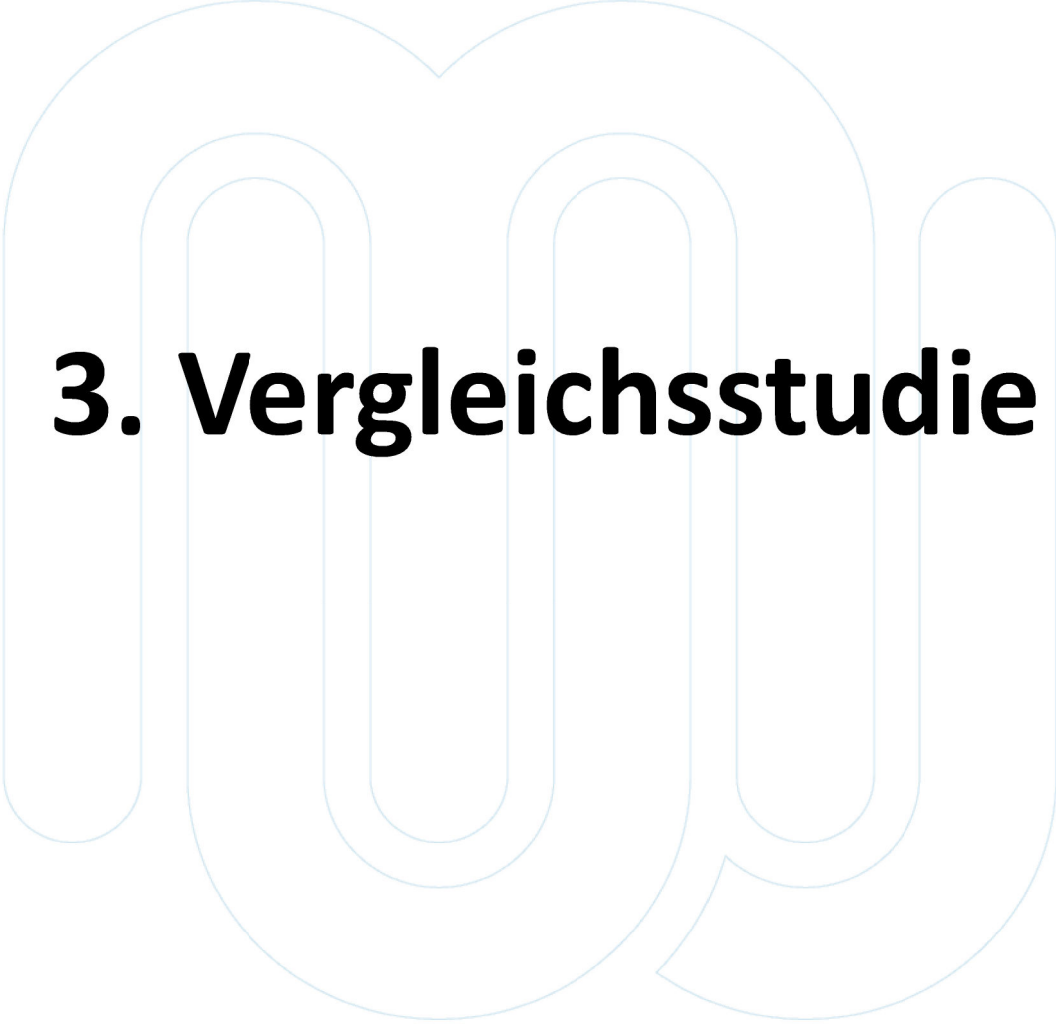


2. Strahlentherapie / Bestrahlungstechniken - Ionen



Forward Planning
(Single-field uniform dose)

Inverse Planning
(Intensitätsmodulierte Ionentherapie
IMPT/12C)



3. Vergleichsstudie

3. Vergleichsstudie

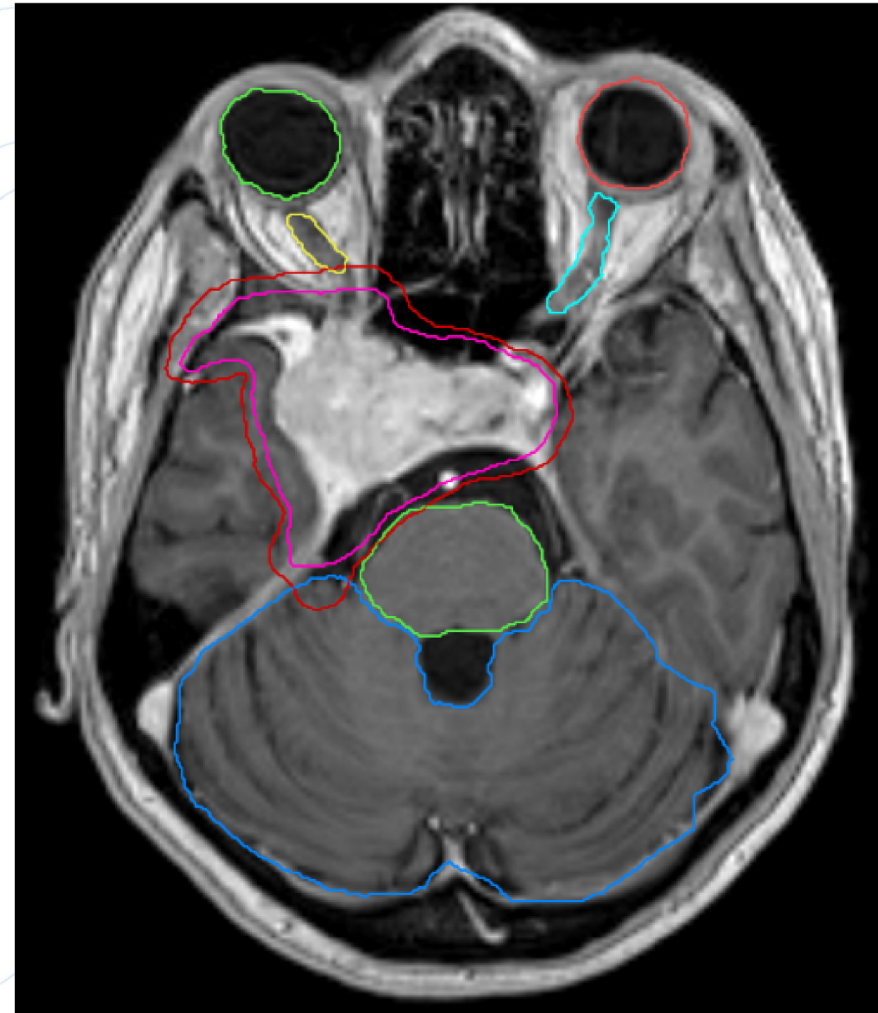
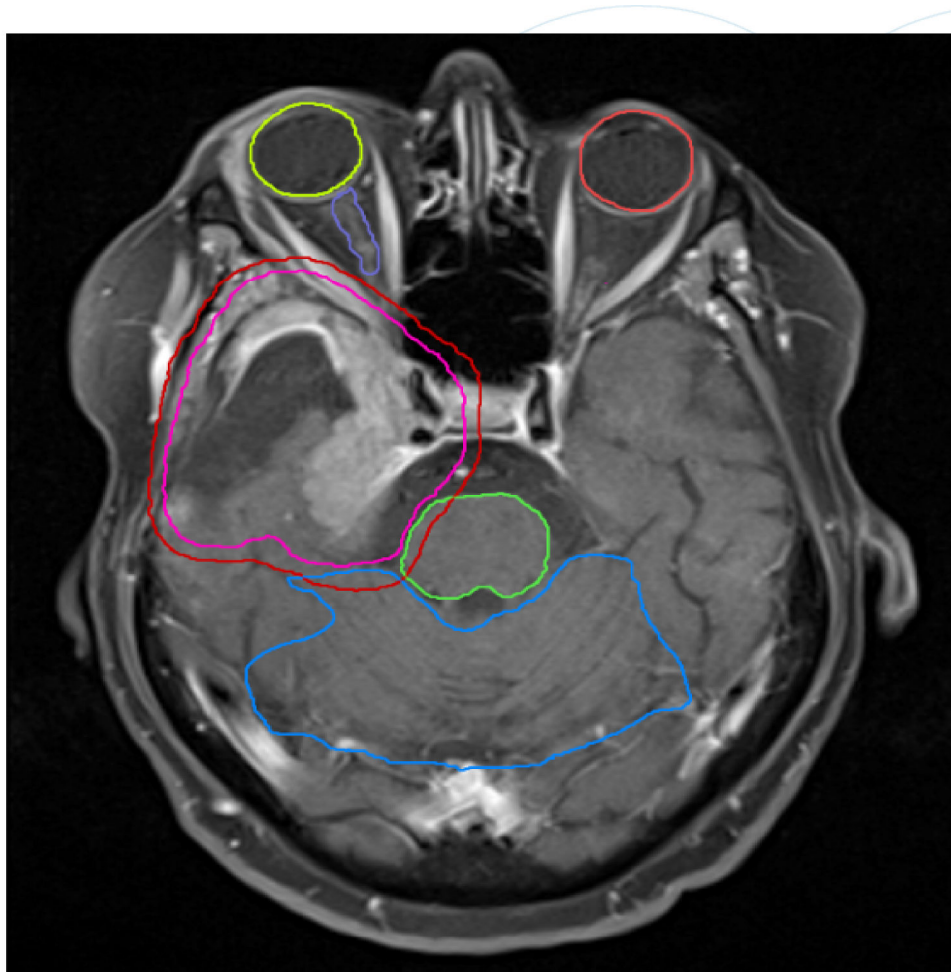
- **Studien Anforderungen:**

- Grundlage CT-Bilder von 10 Patienten mit Meningiomen
- Erstellung diverser Bestrahlungsszenarien
- Basierend auf 3 Strahlenmodalitäten
- Vergleich der Dosisverteilungen
- Statistische Ermittlung der besten Therapieform

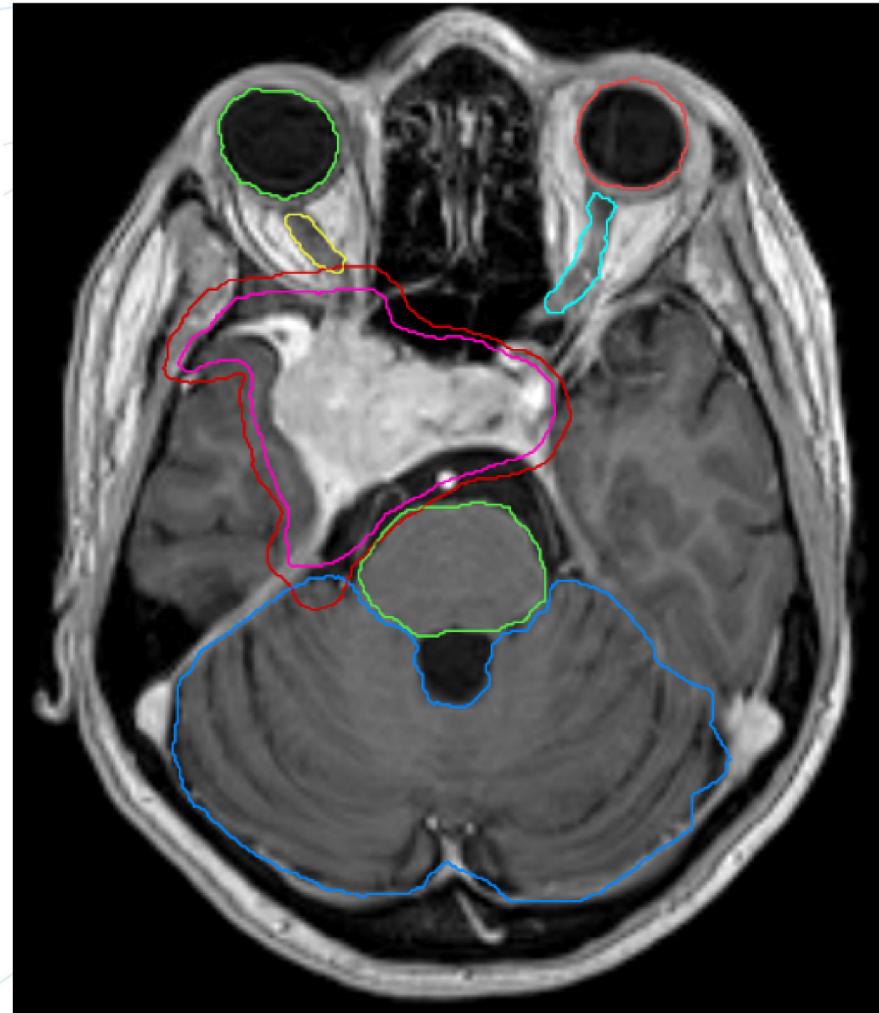
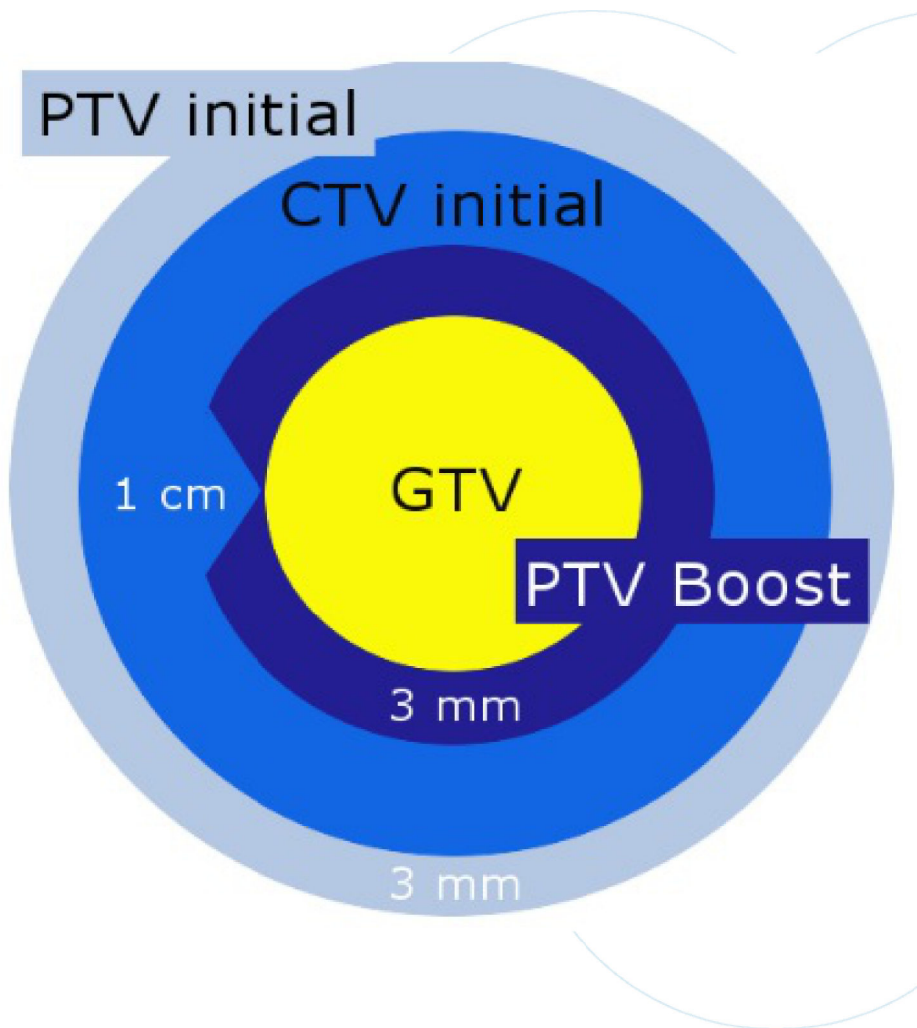
- **Therapieformen:**

- Photonentherapie (IMXT)
- Protonentherapie (IMPT) -----> **MEDAUSTRON**
- Kohlenstoffionentherapie (12C) -----> **MEDAUSTRON**

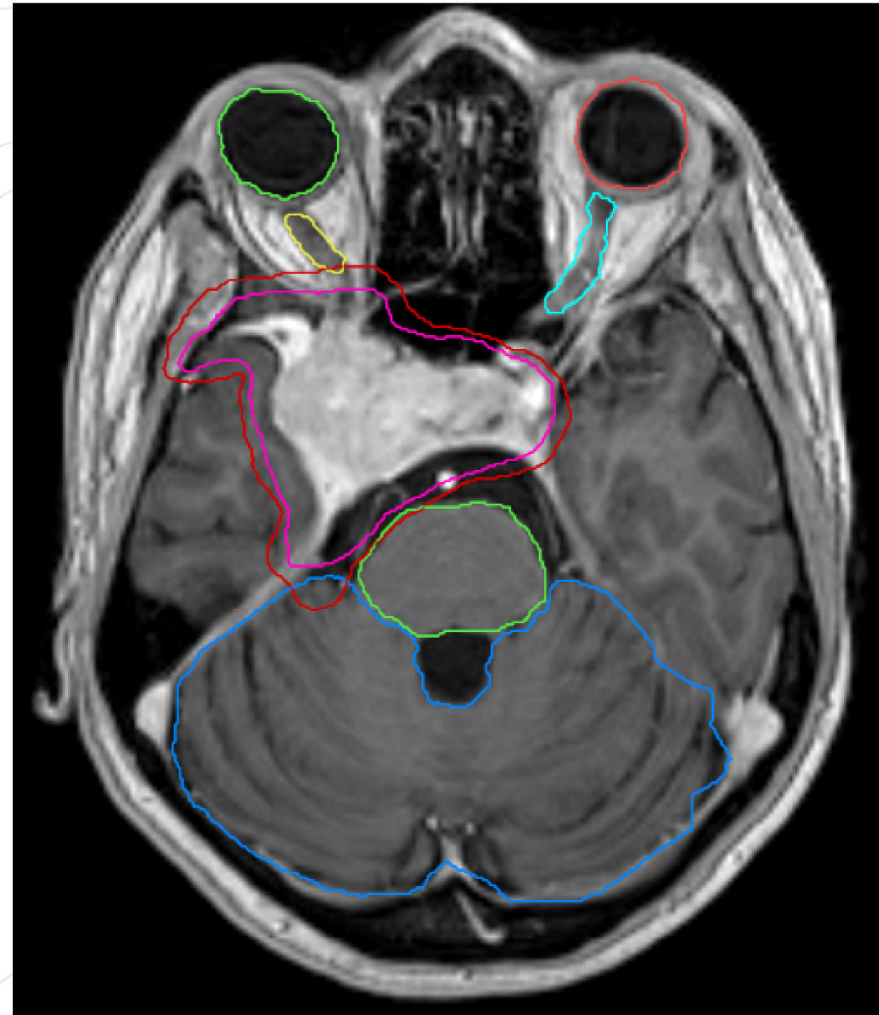
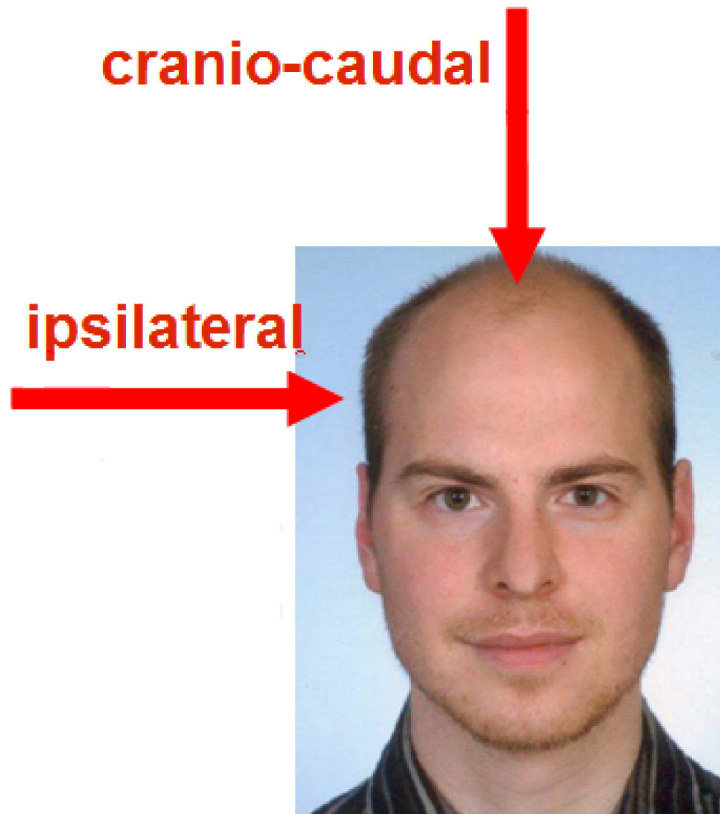
3. Vergleichsstudie - Meningiome



3. Vergleichsstudie - Meningiome



3. Vergleichsstudie - Meningiome



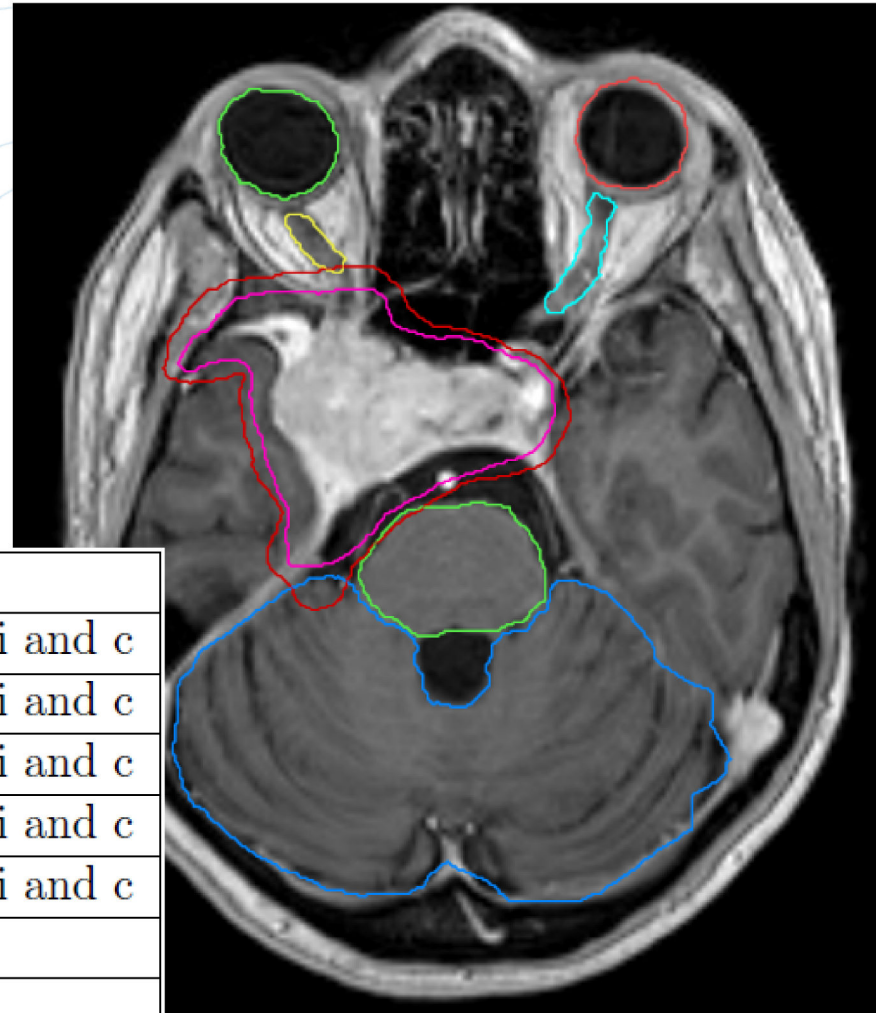
- Ipsilateral: PTV_Initial mit 50Gy(RBE)
- Canio-caudal: PTV_Boost mit 18Gy(RBE)

3. Vergleichsstudie - Risikoorgane

Risikoorgane (Organs at Risk):

"Organs at risk are normal tissues whose radiation sensitivity may significantly influence treatment planning and/or prescribed dose."

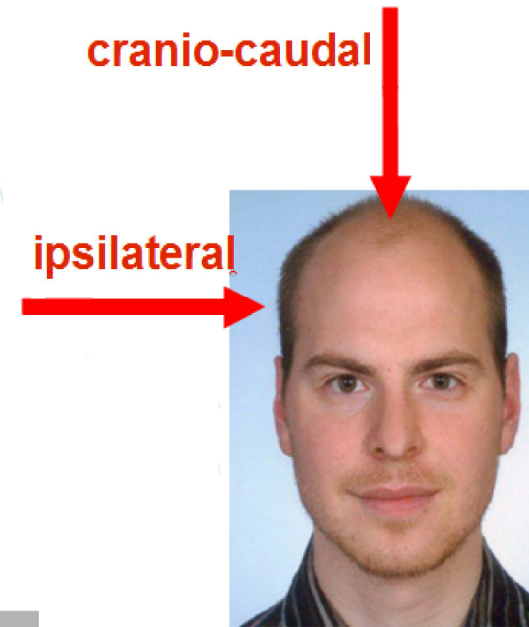
(ICRU Report No.50)



Primary OAR		Secondary OAR	
Chiasm		Hippocampus	i and c
Eye	i and c	Hypothalamus	i and c
Optical Nerve	i and c	Cochlea	i and c
Cerebellum		Brain hemisphere	i and c
Brainstem		Lense	i and c
Temporal Lobe	i and c		
Hypophysis			

3. Vergleichsstudie - Studiendesign

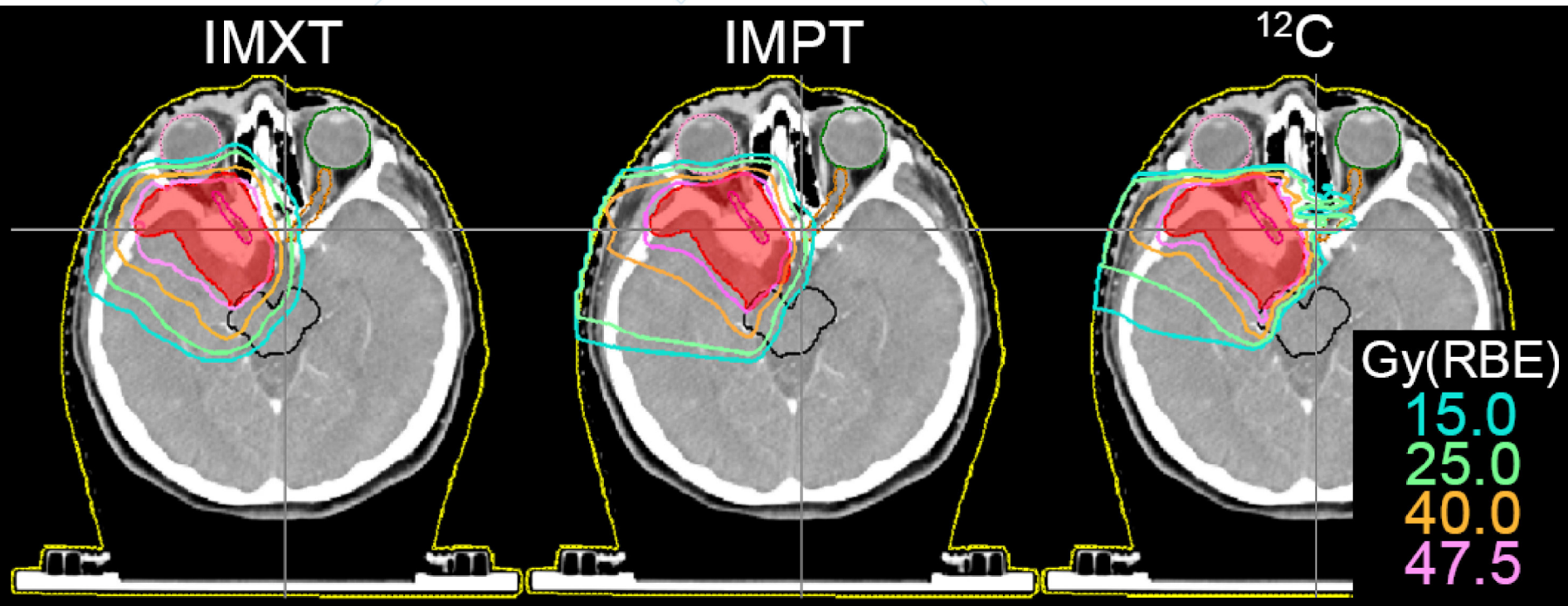
- 10 Patienten mit Meningiomen
- 2 geplante Zielvolumina:
 - PTV_initial: 25 x 2 Gy(RBE)
 - PTV_Boost: 6 x 3 Gy(RBE)
- Kombination der Therapieformen:



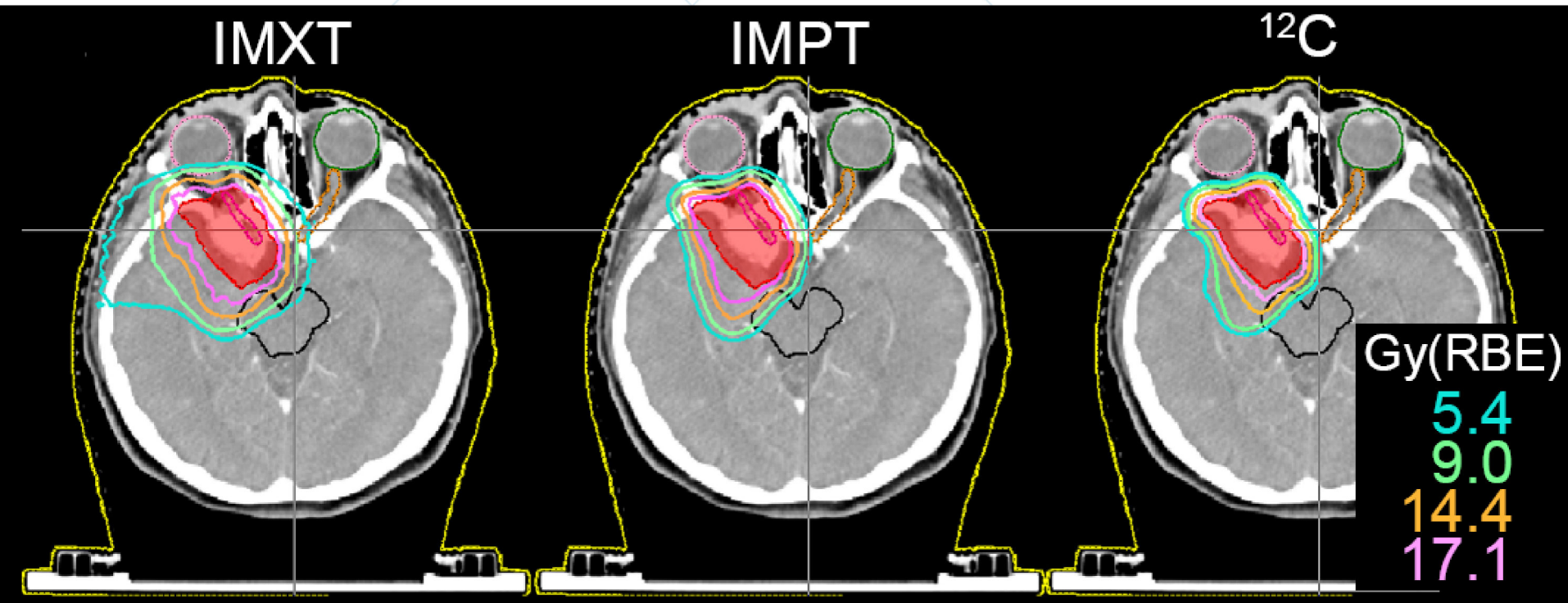
Initial		Boost	
IMXT	12C	IMPT	IMXT
Protonen (IMPT)	12C	IMPT	
Kohlenstoffionen (12C)	12C		

→ Statistische Auswertung mit MATLAB-basiertem Software Tool (MathWorks, R20012b, 64 bit)

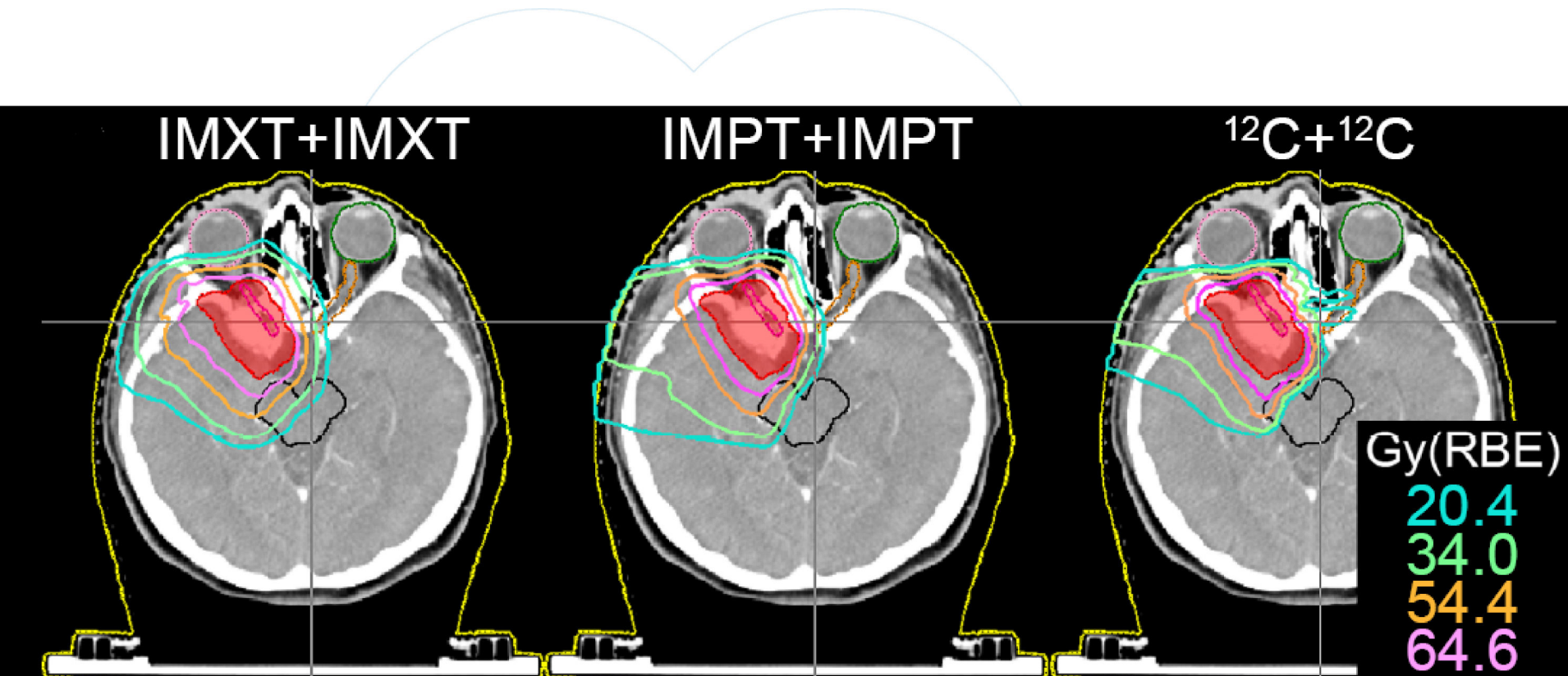
3. Vergleichsstudie – Ergebnisse - PTV_Initial



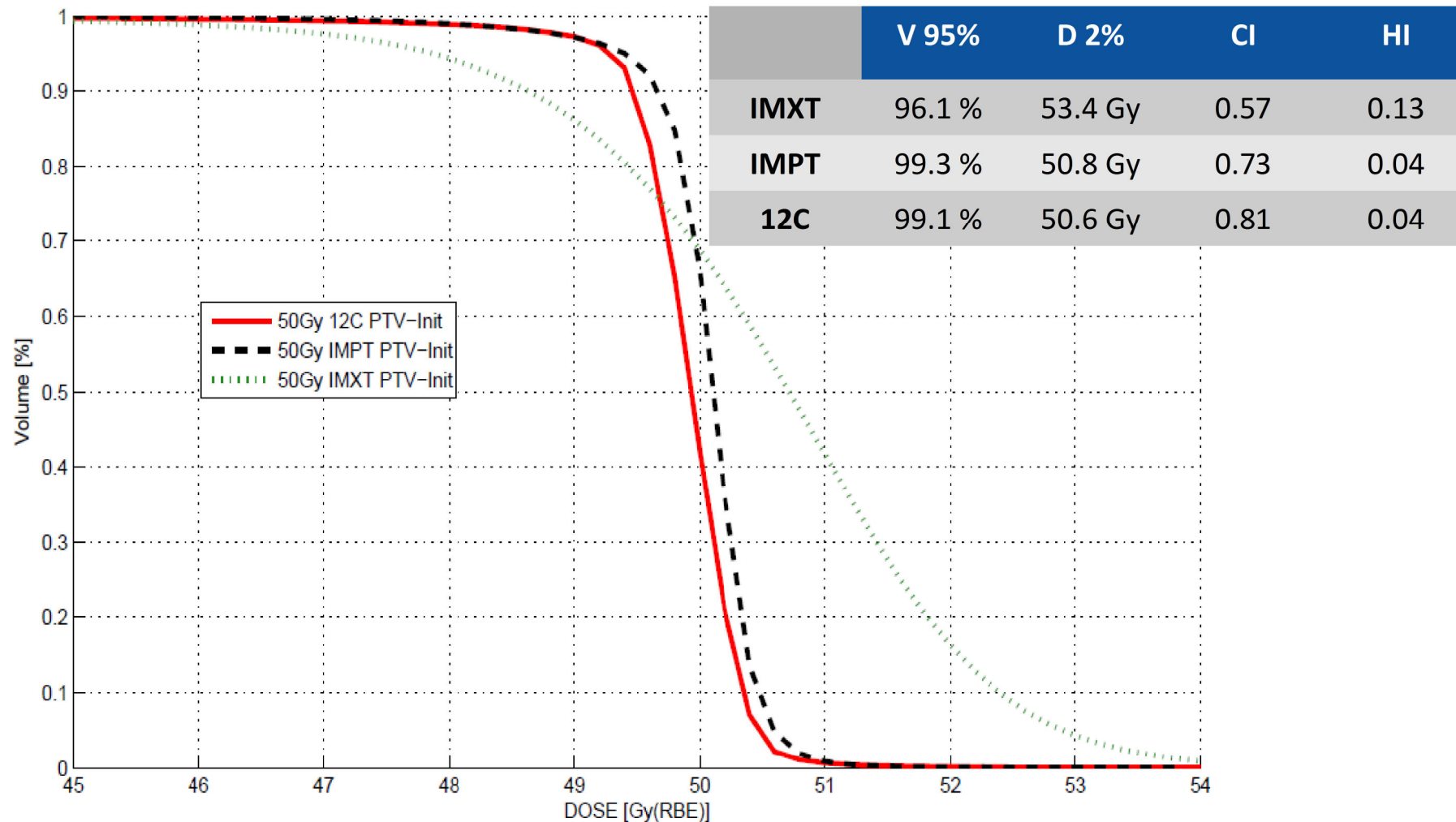
3. Vergleichsstudie – Ergebnisse - PTV-Boost



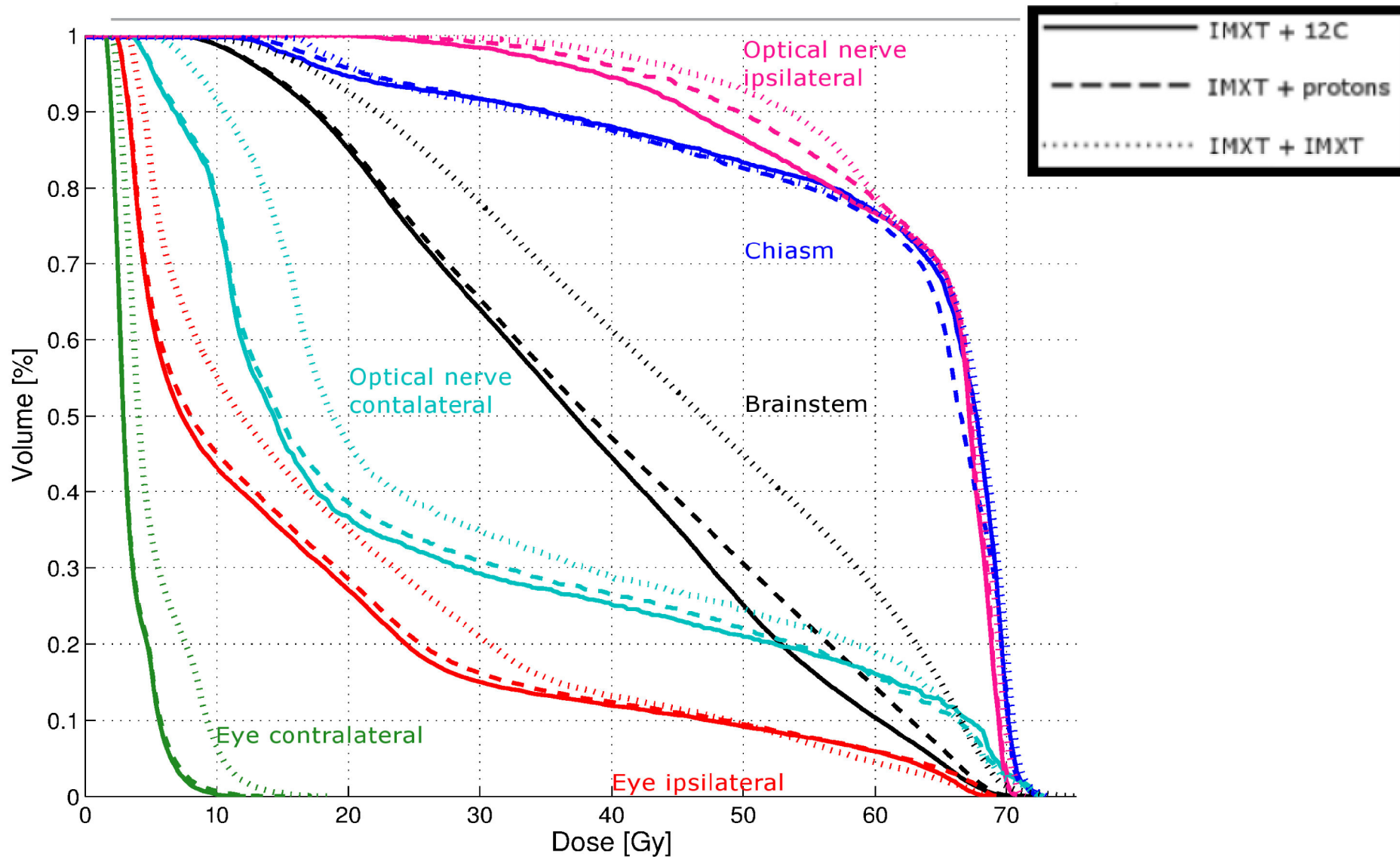
3. Vergleichsstudie – Ergebnisse - Kombinationen



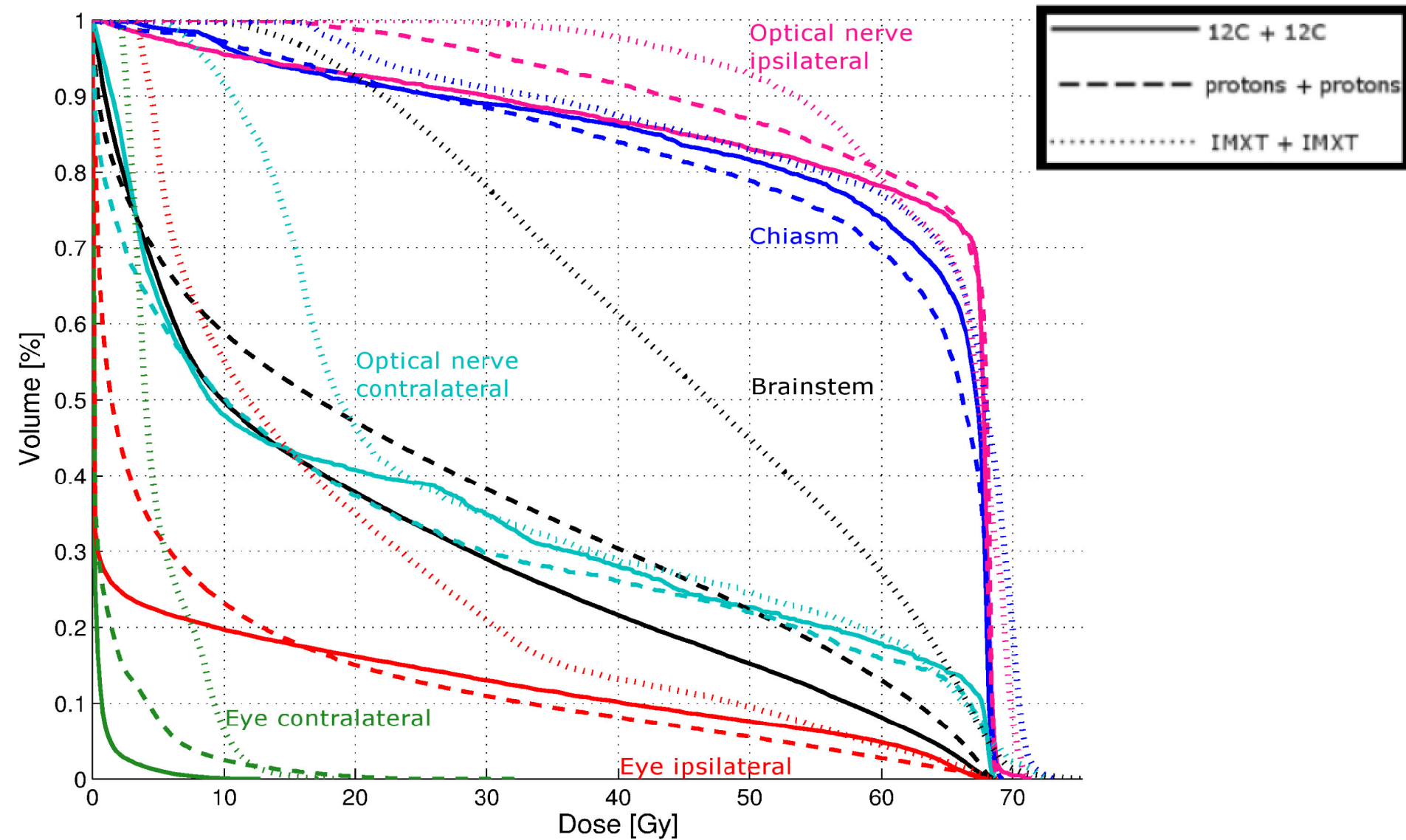
3. Vergleichsstudie – PTV initial [50 Gy (RBE)]



3. Vergleichsstudie – Ergebnisse - Risikoorgane



3. Vergleichsstudie – Ergebnisse - Risikoorgane



3. Vergleichsstudie – Ergebnisse - Risikoorgane

<u>Dmean</u> <u>[Gy(IsoE)]</u>	IMXT + IMXT	IMXT + protons	protons + protons
Eye ip	18.9 ± 16.0	15.9 ± 16.8	8.9 ± 12.3*
Eye co	5.0 ± 2.4	3.3 ± 1.2*	1.2 ± 2.4*
Hippocampus ip	58.8 ± 9.2	58.5 ± 9.1	54.2 ± 15.7
Hippocampus co	19.4 ± 8.0	14.8 ± 7.3*	4.5 ± 6.7*
Cochlea ip	56.5 ± 24.9	55.4 ± 24.9	55.6 ± 24.9
Cochlea co	23.8 ± 5.6	17.5 ± 4.0	0.8 ± 1.3*
Lense ip	10.6 ± 10.0	8.4 ± 9.7*	0.6 ± 1.4*
Lense co	3.8 ± 2.1	2.6 ± 1.2*	0.4 ± 0.8*

*significantly different compared to IMXT + IMXT

- **Leichtionetherapien vs. Photonentherapie**

- höhere Dosisabdeckung des Zielvolumens
- höhere Konformität und Homogenität der Dosisverteilung
- reduzierte totale integrale Dosis
- Schonung von Risikoorganen um Zielvolumen



Danke!