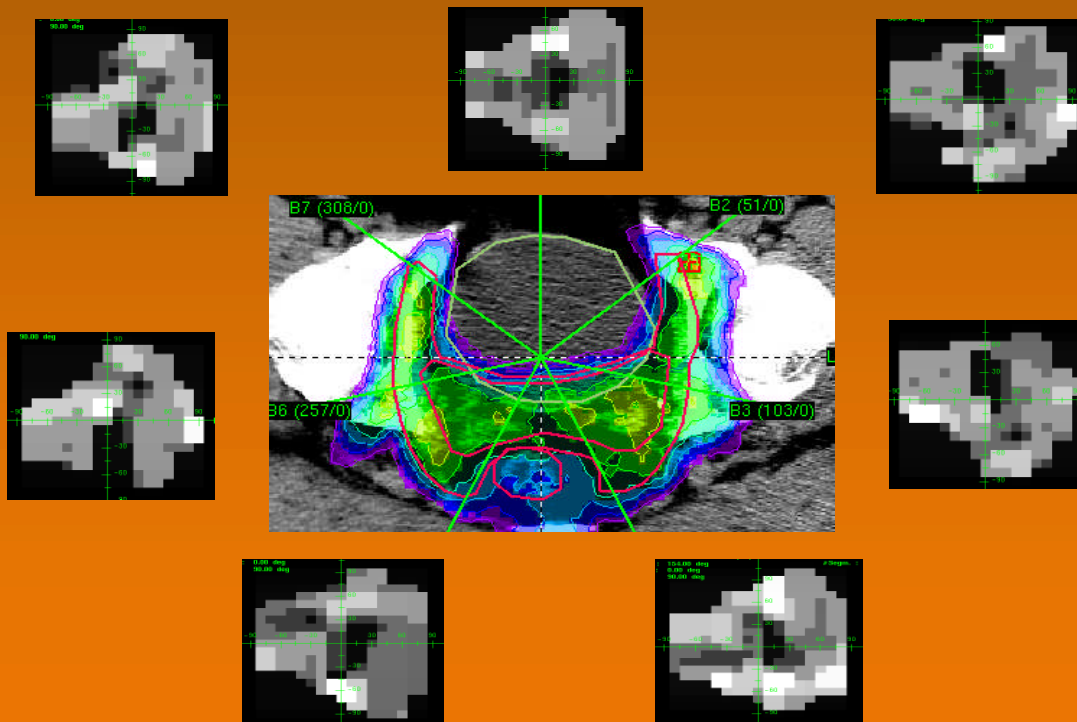


Belastung von Normalgewebe außerhalb des Zielvolumens in Abhängigkeit von IMRT-Technik und Photonenenergie



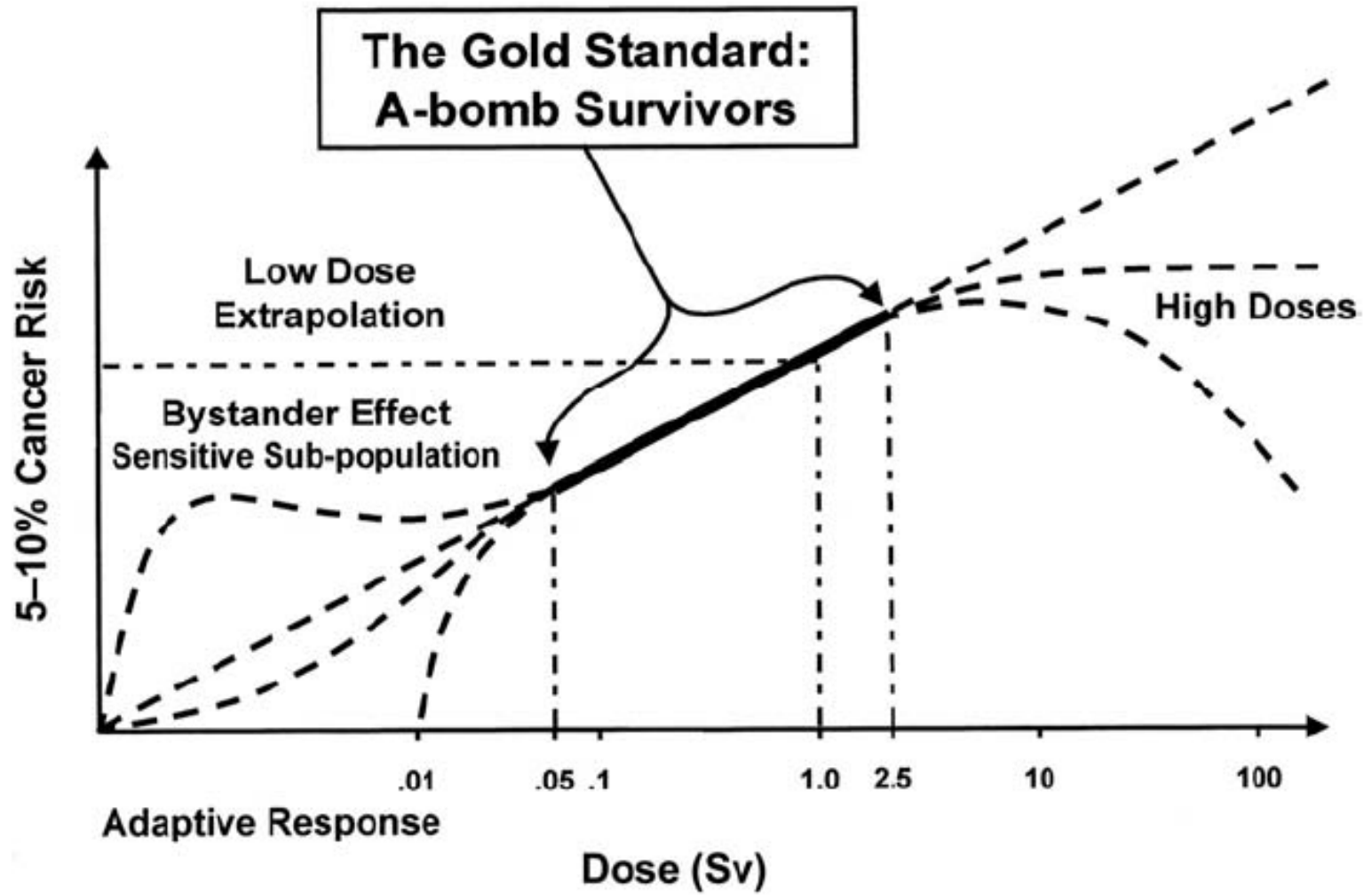
Motivation

Hall E.J., Phil D. International Journal of Radiation Oncology Biology and Physics 2006 May page 1-7:

“... the downside to IMRT is the potential to **increase the number of radiation-induced second cancers**. The reasons for this potential are more monitor units and, therefore, a larger total-body dose because of leakage radiation and, because IMRT involves more fields, a bigger volume of **normal tissue is exposed to lower radiation doses.....** “

→“Periphere Dosis” nach van der Giessen
(International Journal of Radiation Oncology Biology and Physics
1996 May page 1059-1068)

Motivation



Überlegung 1

Welche Faktoren wirken auf die Belastung von Normalgeweben außerhalb der unmittelbaren Bestrahlungsregion?

→Energie

→Bestrahlungstechnik

→Feldgröße

→Aufbau des Kollimiersystems

→Flatteningfilter

Periphere Dosis außerhalb der Bestrahlungsregion 1

Verschiedene IMRT-Technologien bei 6 – 25 MV

- Kompensator hoher Dichte MCP96 (Pb)
- Kompensator mittlerer Dichte Zn+Wachs (Zn)
- MLC step&shoot

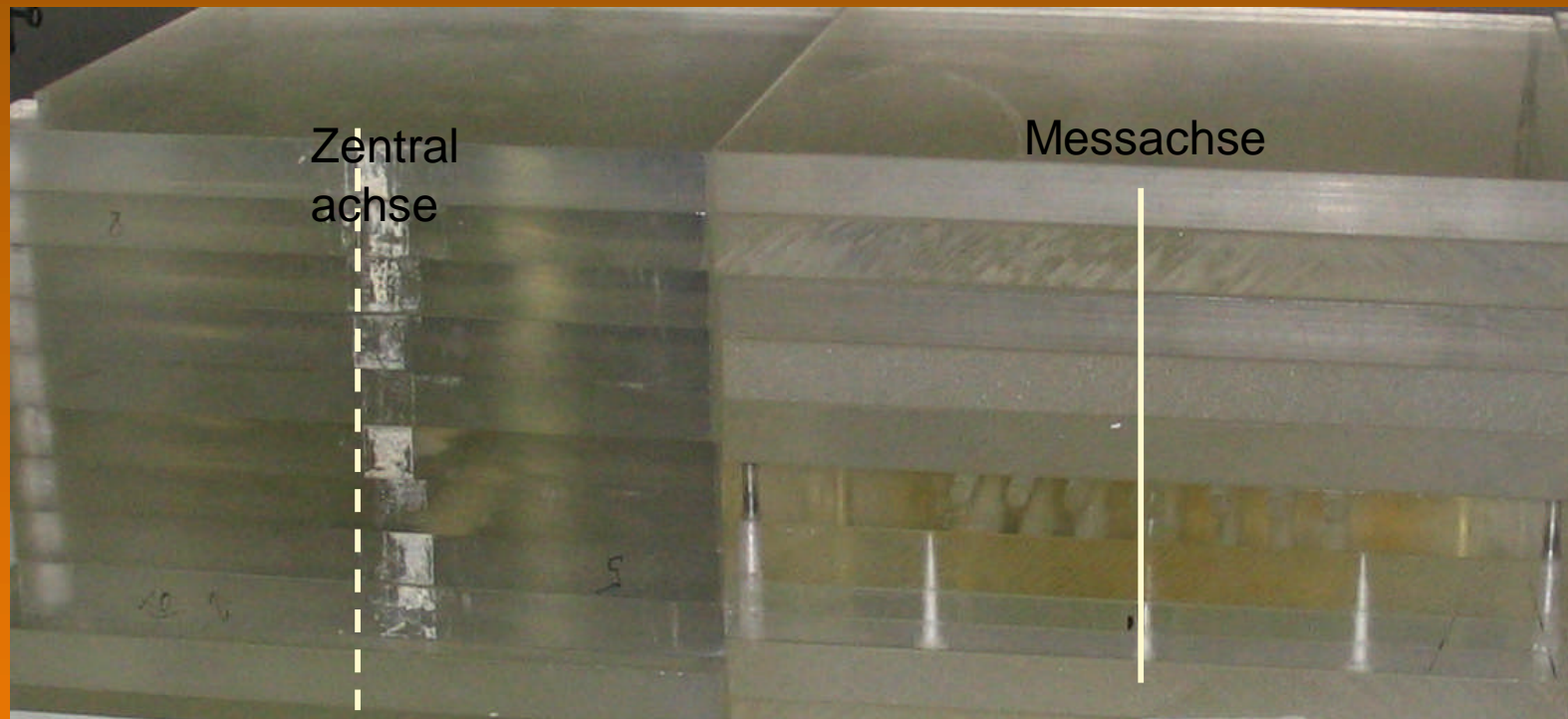
Zum Vergleich

- open field (als Beispiel f. konformierende Bestrahlung)

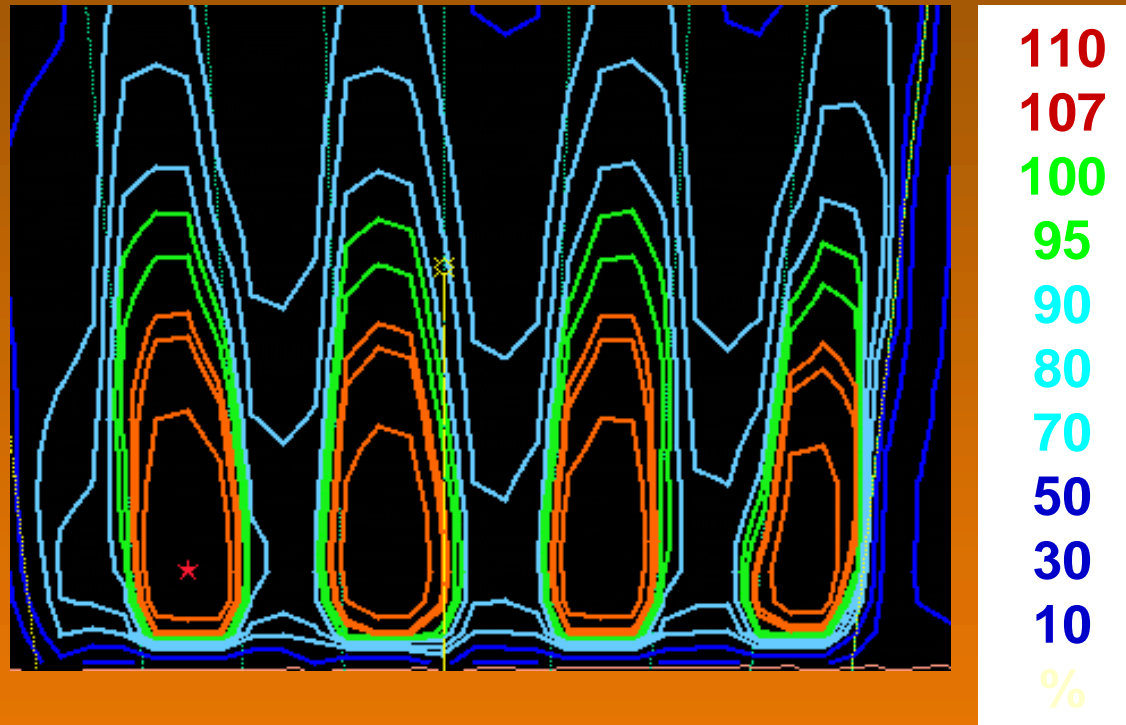
Methode

- alle Primärfelder 20 x 22
- Messung peripherer Tiefendosen 18 cm off beam
- Messung mit Ionisationskammer 0,3 cm³ in Plexiglas
- normiert auf 10Gy mittlere Dosis

Experimenteller Aufbau Serie 1

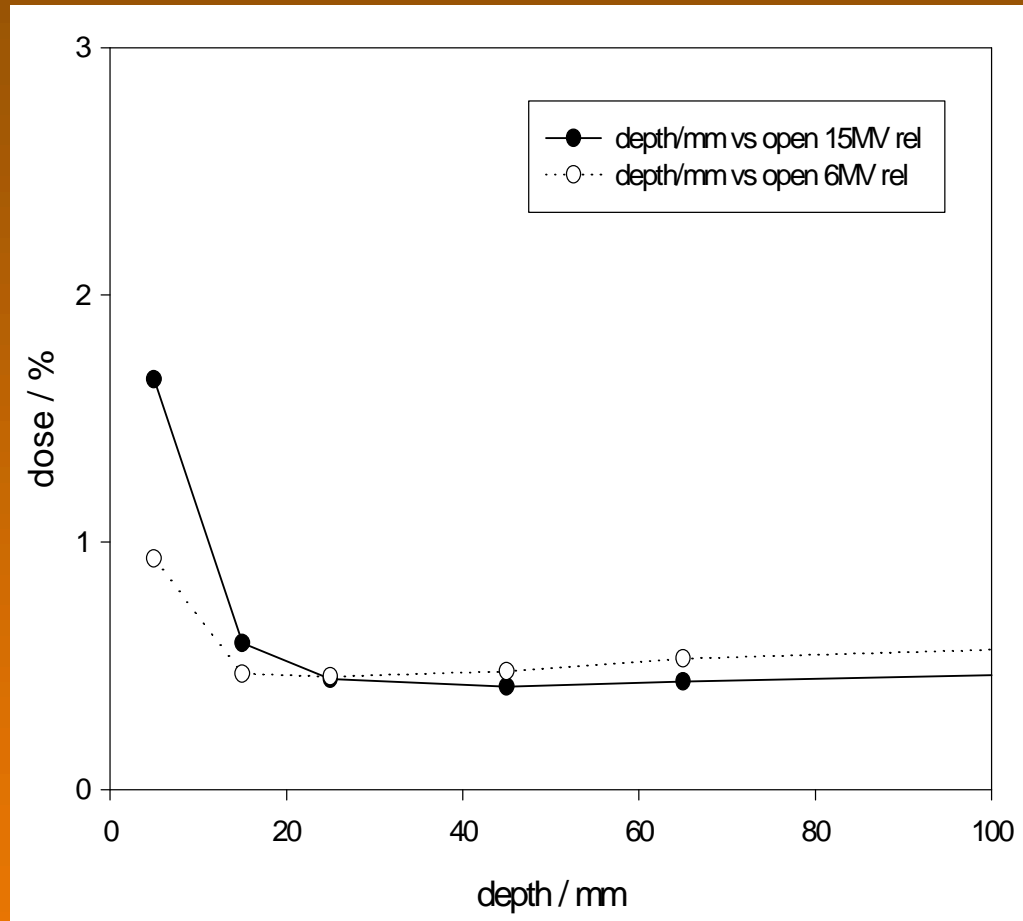


„Künstliche“ IMRT-Fluenzverteilung



Dosisverteilung im Phantom

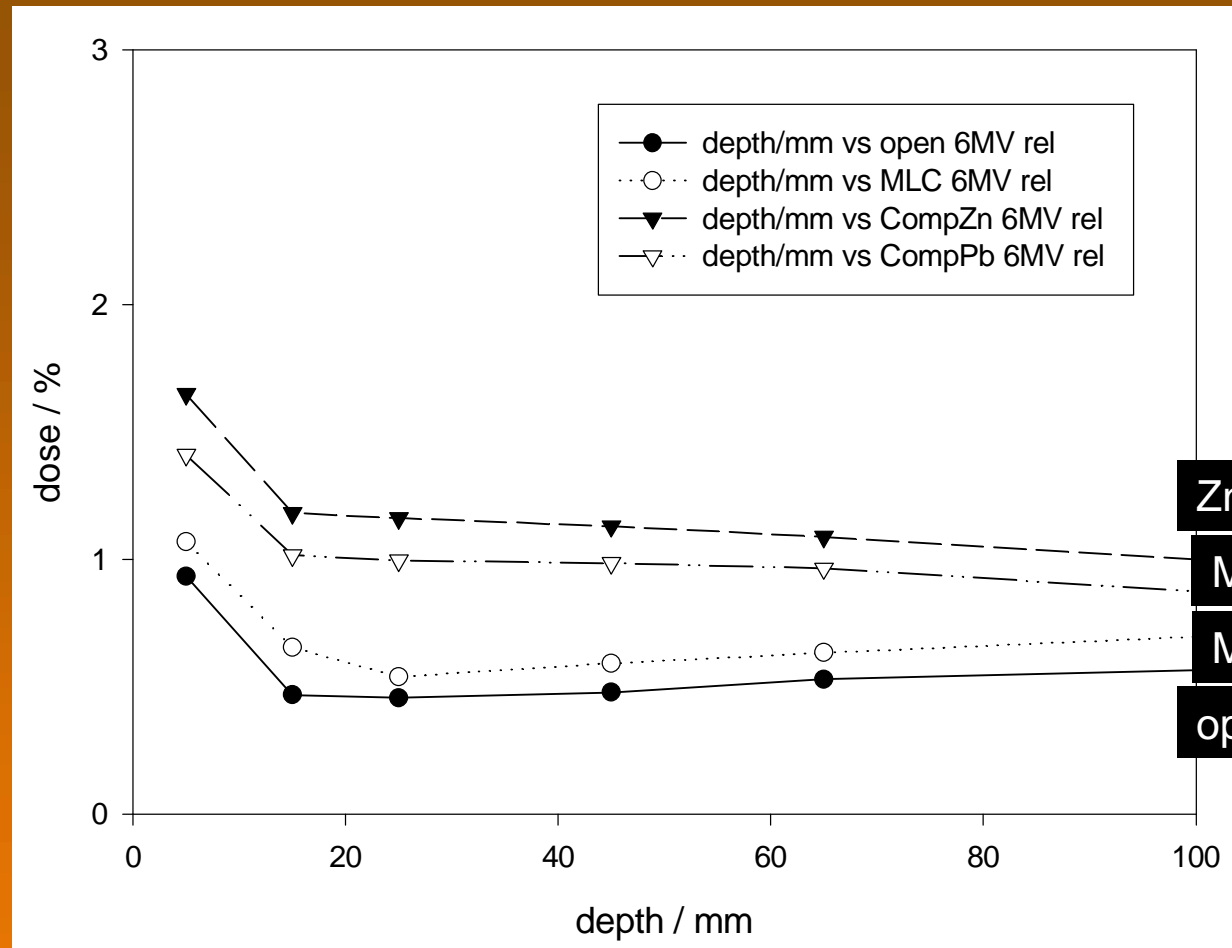
Ergebnisse



- Zunahme der peripheren Dosis (PD) ab 20mm Tiefe bei kleineren Energien
- generell deutlich höhere PD-Werte nahe der Oberfläche bei höheren Energien

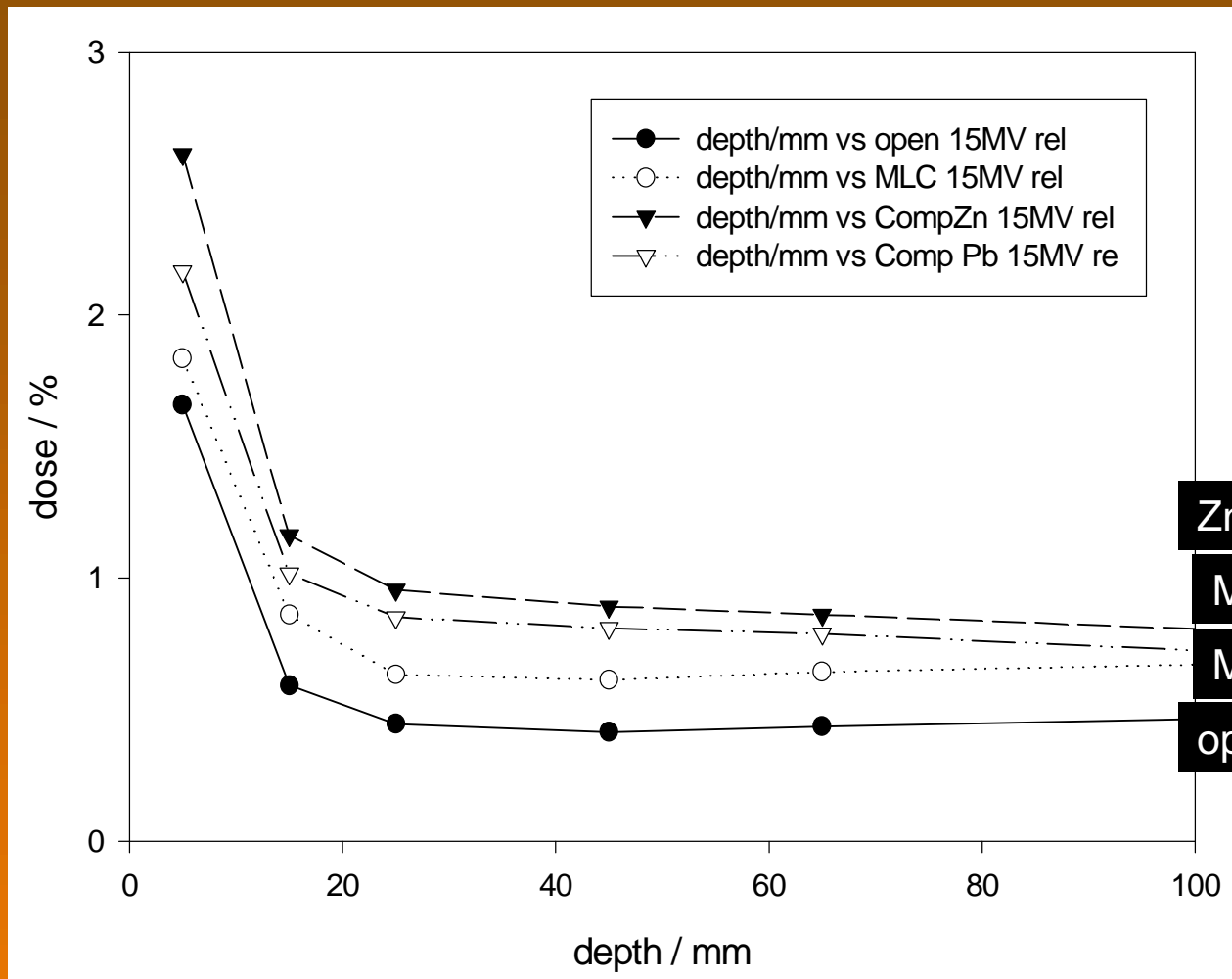
Mevatron Primus
offenes Feld, 6MV, 15MV

Ergebnisse



Mevatron Primus, 6MV, versch. Technologien

Ergebnisse



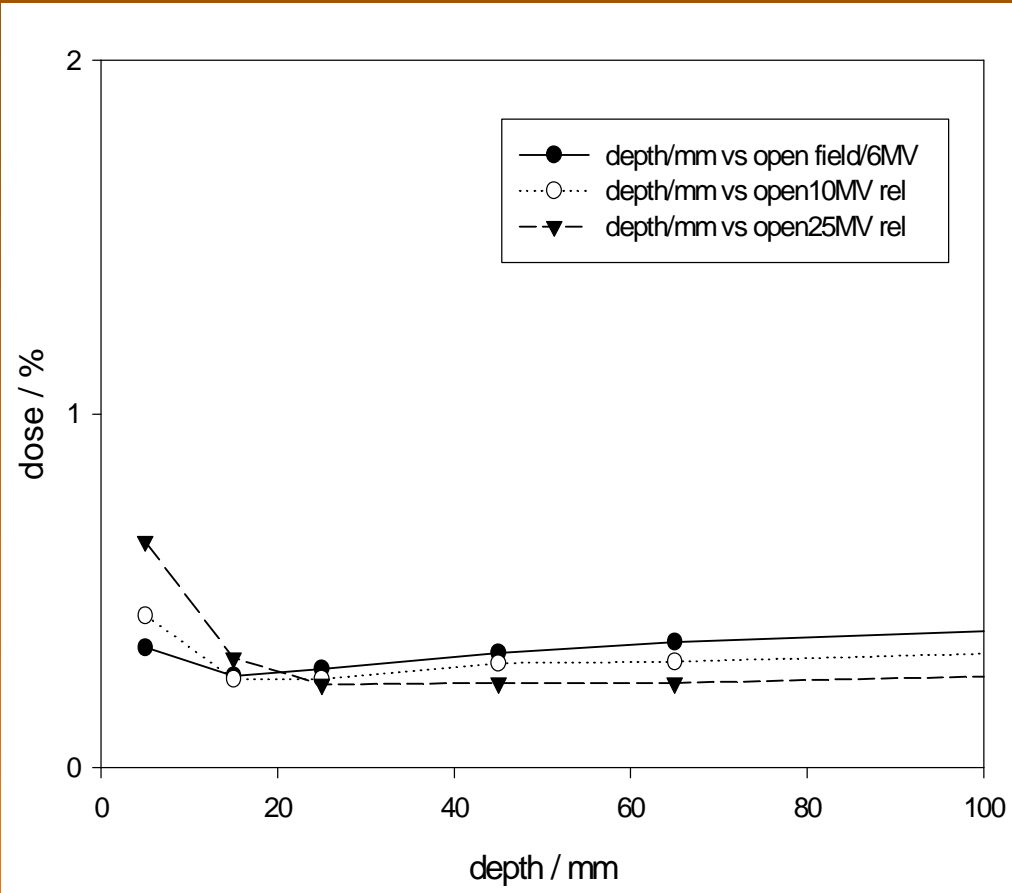
Mevatron Primus, 15MV, versch. Technologien

Ergebnisse

Vergleich zum offenen Feld

1. MLC-IMRT : PD-Anstieg mit Faktor zwischen 1.2 und 1.8
abhängig von der Photonenenergie und der Tiefe
 2. MCP-Kompensator-IMRT: Anstieg des Faktors auf 2.0 bis 2.2
 3. Zn-Kompensator-IMRT: Faktor verändert sich auf 2.2 und 2.4
- Erhöhung der PD bei Verwendung von Kompensatoren bei IMRT ist vergleichbar groß wie PD beim Einsatz von Stahlkeilen [2] bei älterer Bestrahlungstechnik mit weniger Feldern

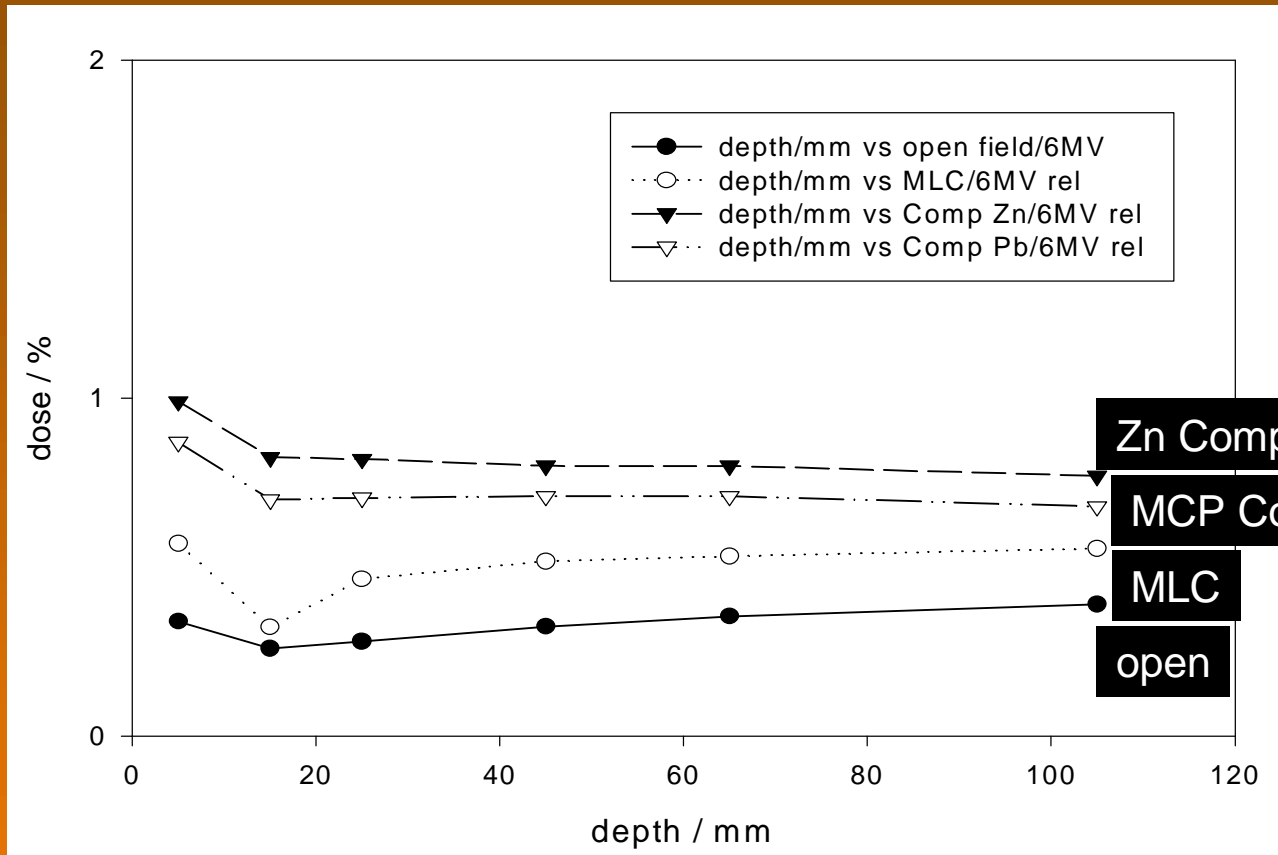
Ergebnisse



- sowohl oberflächennah als auch in größeren Tiefen qual. identische Ergebnisse bei 6MV, 10MV und 25MV (Elekta) wie bei den Mevatron-linacs (Siemens)

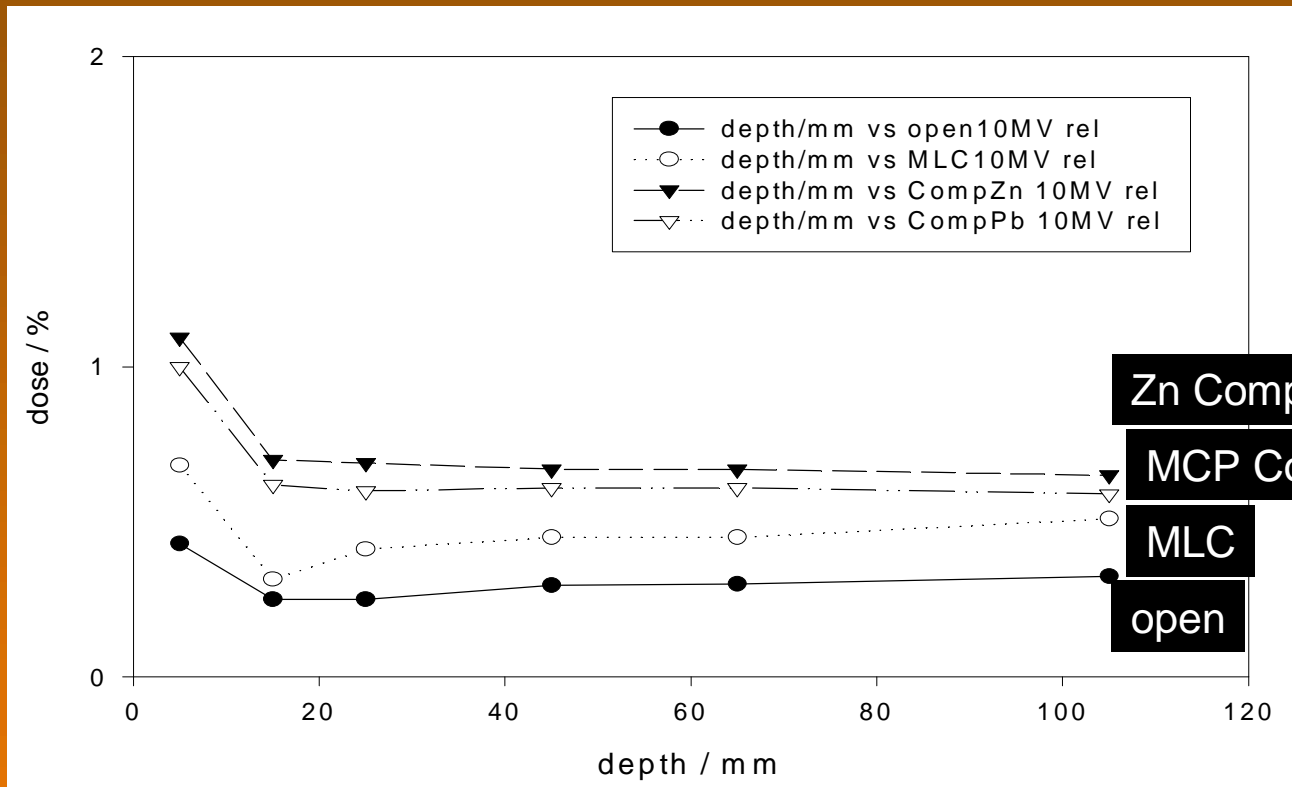
Elekta Precise
offenes Feld, 6MV, 10MV, 25MV

Ergebnisse



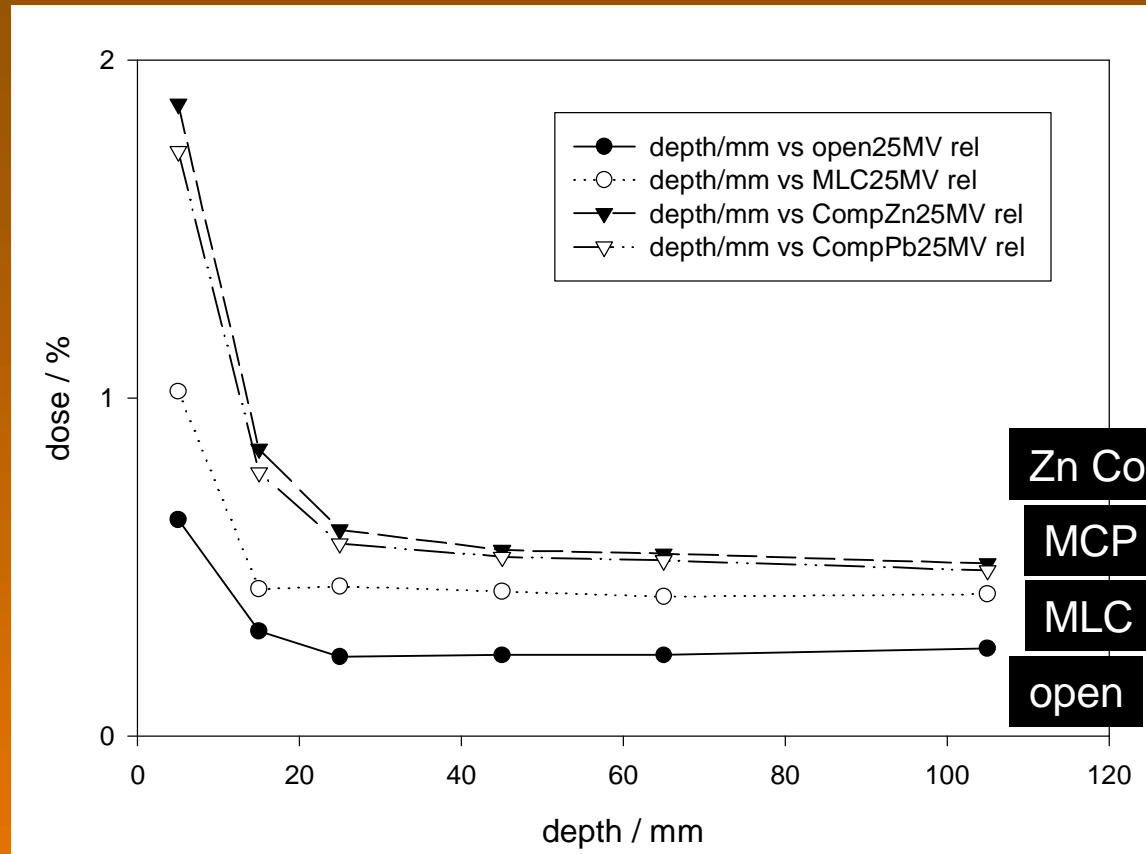
Precise, 6MV, versch. Technologien
- ebenfalls Anstieg der periph.Dosis durch IMRT

Ergebnisse



Precise, 10MV, versch. Technologien
- bei 10MV ist Erhöhung durch IMRT geringer
als bei 6MV

Ergebnisse



Precise, 25MV, versch. Technologien

- bei 25MV ist rel. Erhöhung durch MLC-IMRT stärker
im Vgl. zum Komp.

Diskussion I

Die Werte der PD am Precise sind generell kleiner als am Mevatron.

Dies wird wahrscheinlich durch die „backup jaws“ („Tertiärblenden“) der Elekta Maschine verursacht.

Diskussion II

Offenes Feld:

mehr PD bei fallender Energie verursacht durch Compton-Streuung im bestrahlten Phantom

sMLM-Technik:

erhöhte PD aufgrund der Durchlassstrahlung am MLC

Kompensatorstechnik:

größter Anstieg der PD durch Photonenstreuung in den Kompensatoren selbst

These:

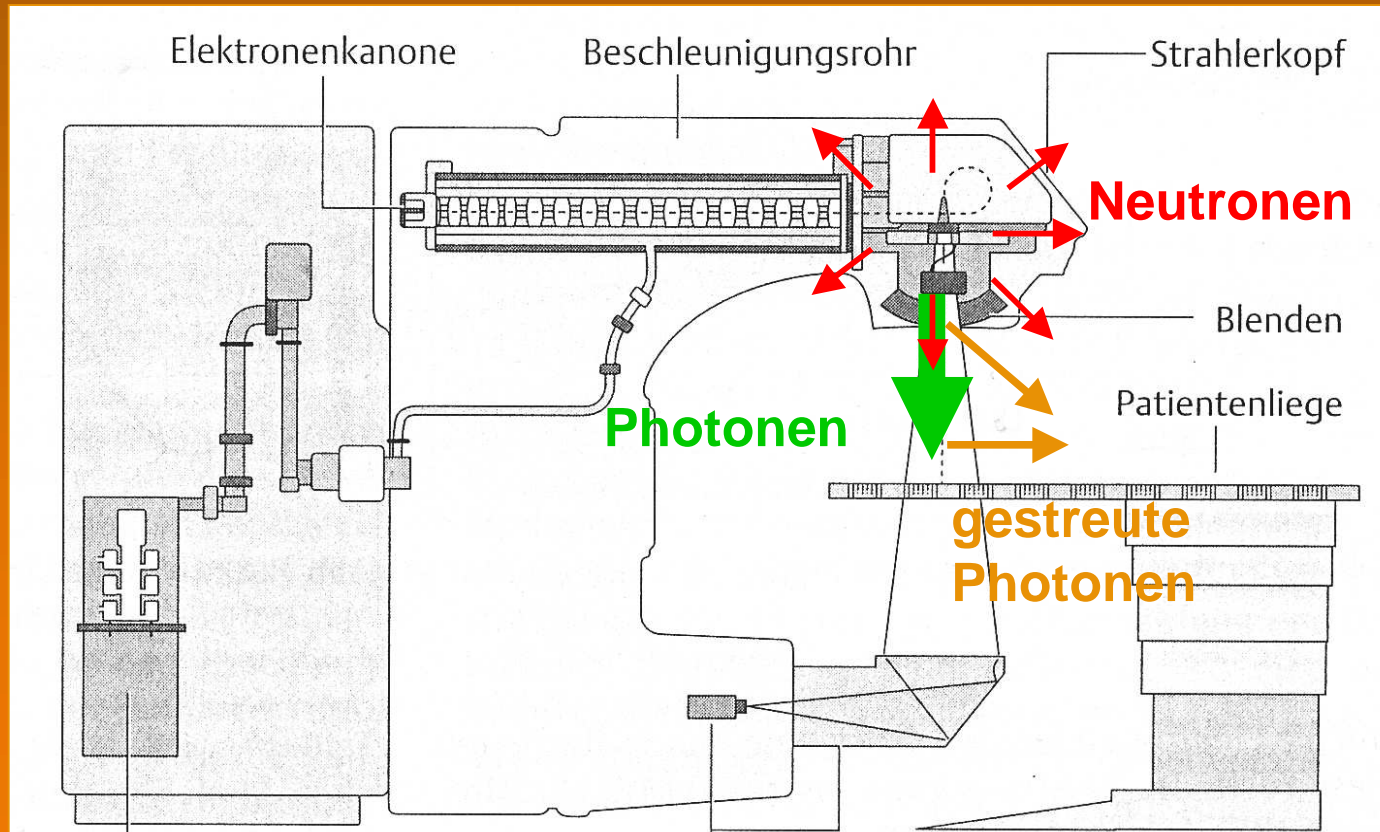
generell erhöhte Dosiswerte an der Oberfläche durch Reflexion von Sekundärelektronenanteilen aus Beschleunigerkopf

Überlegung 2

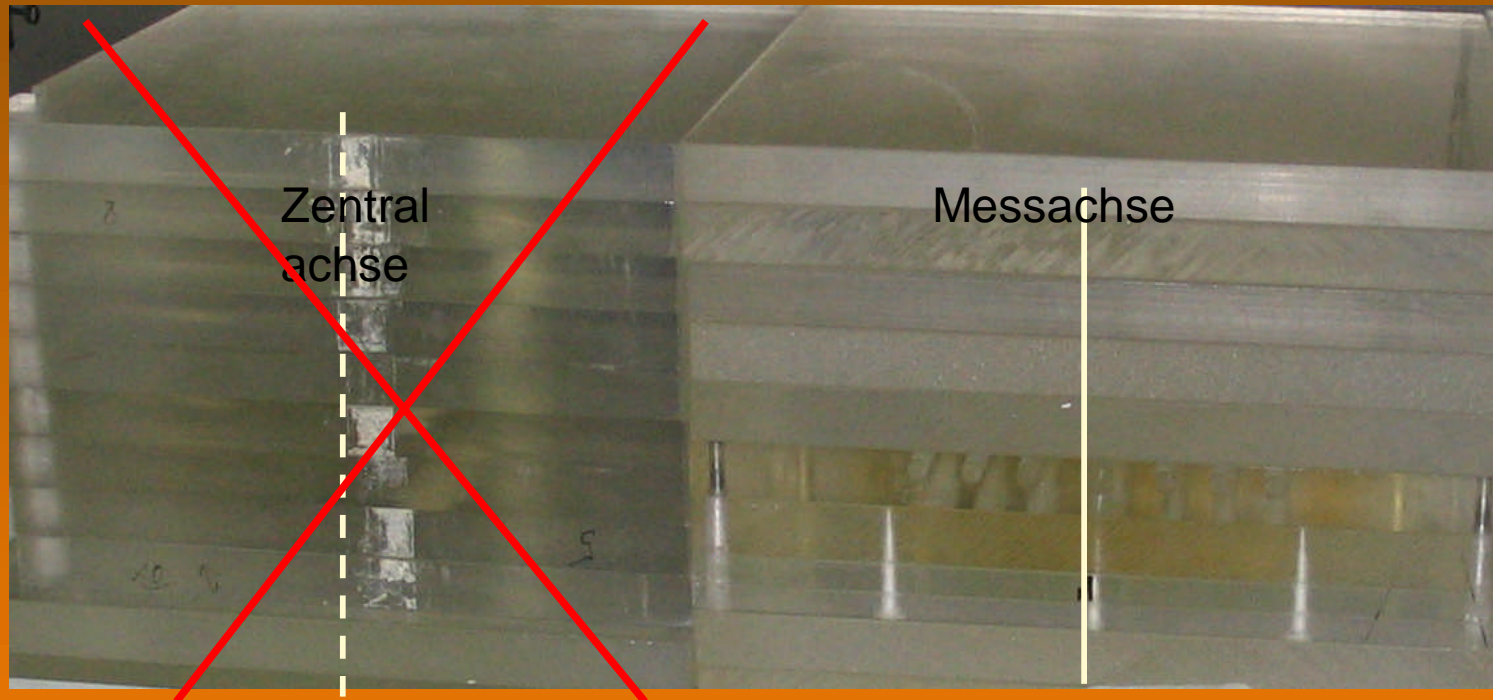
Wie können mit einfachen Mitteln die Hauptanteile zur peripheren Dosis separiert werden?

- Dosisanteile aus Beschleunigerkopf
- Dosisanteile aus bestrahltem Körper selbst

Wie können mit einfachen Mitteln Neutronen- und Photonenanteile separiert werden?



Experimenteller Aufbau Serie 2



- Messungen mit Streukörper
- Messungen ohne Streukörper (X)

Periphere Dosis außerhalb der Bestrahlungsregion 2

Verschiedene IMRT-Technologien bei 6 – 25 MV

- Kompensator hoher Dichte (MCP96)
- Kompensator mittlerer Dichte (Zn+Wachs)
- MLC step&shoot

Zum Vergleich

- open field (als Beispiel f. konformierende Bestrahlung)

Methode

- alle Primärfelder 20 x 22
- Messung peripherer Tiefendosen 18 cm off beam
- Messung mit TLD 600 und 700 in Plexiglas
- normiert auf 10Gy mittlere Dosis

TLD

LiF-Detektoren vom Typ **TLD-600 und TLD-700**

(Fa. Harshaw) zusammengefasst in 2 Chargen

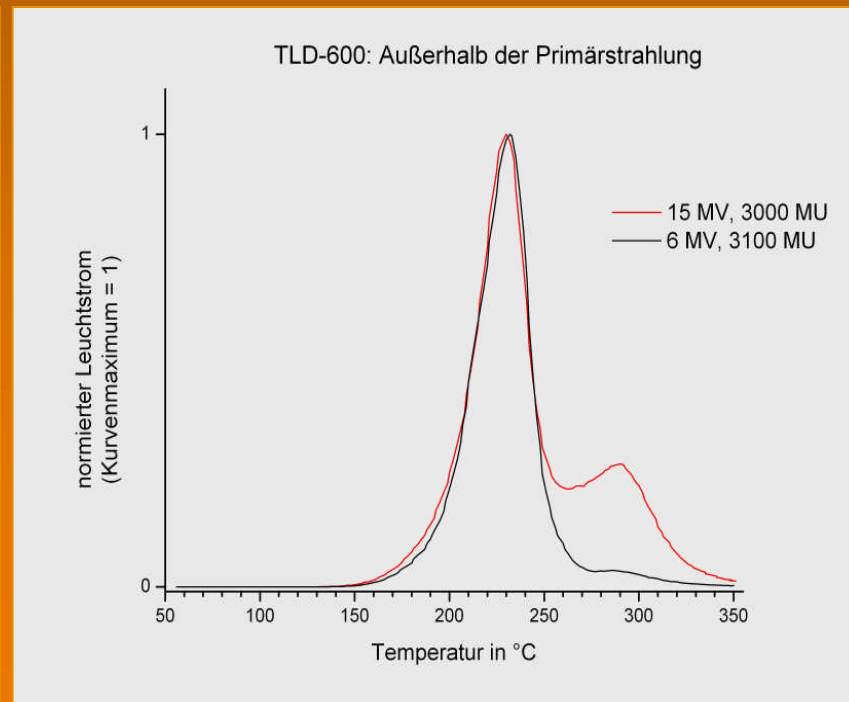
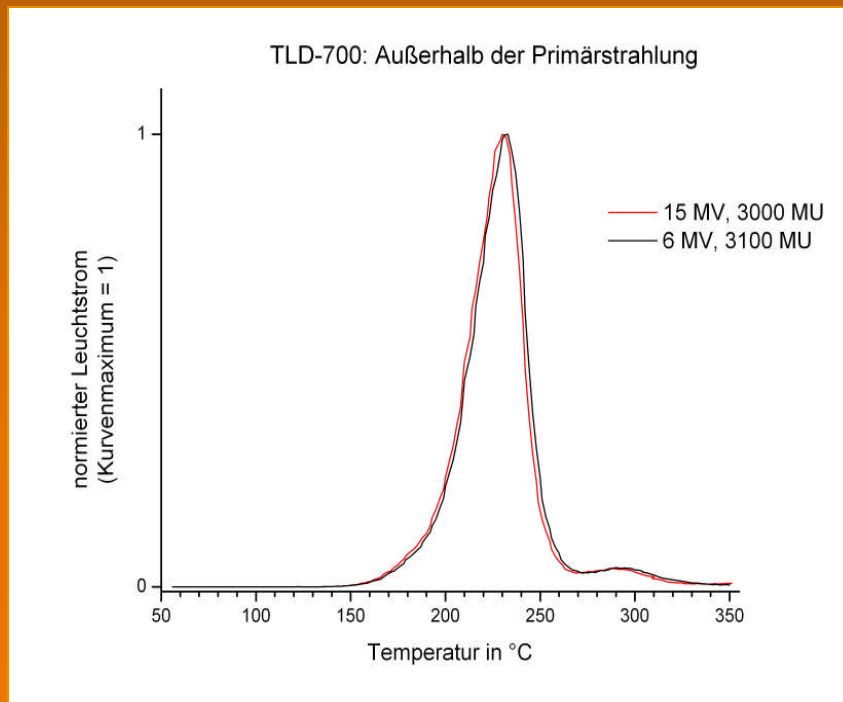
TLD-700: 99,99% ^7Li → **photonenempfindlich**

TLD-600: ~95% ^6Li → **photonen- und neutronenempfindlich**

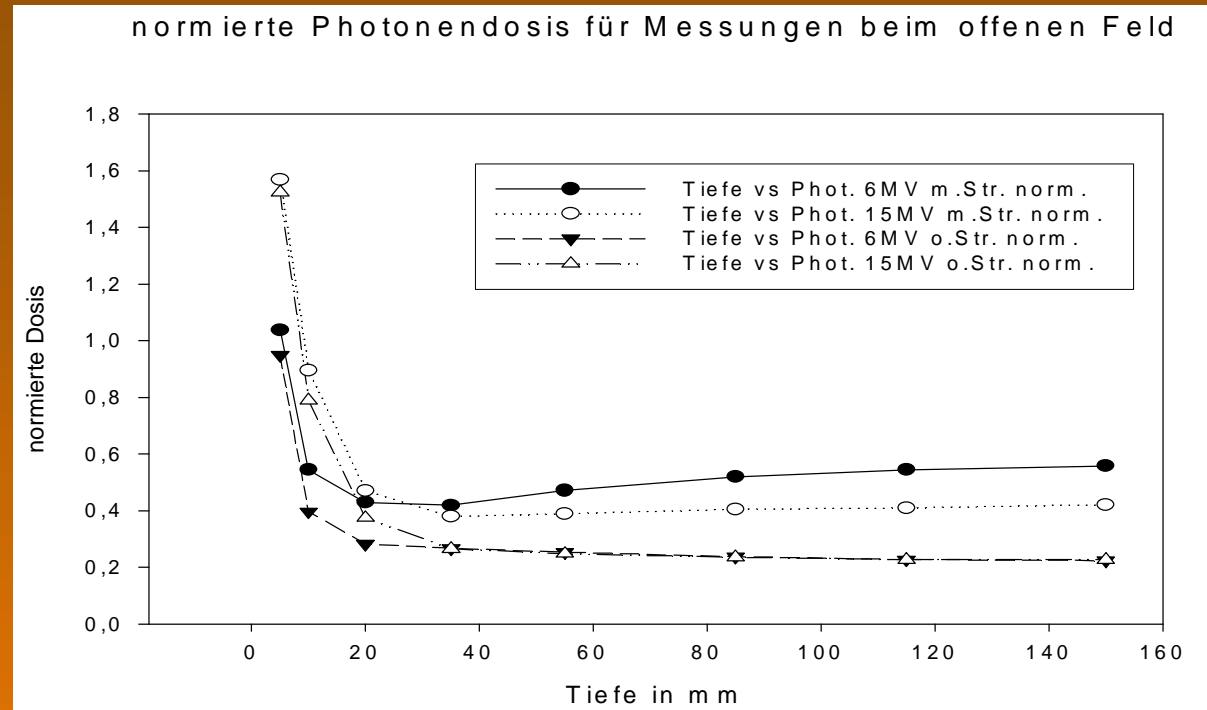
Periphere Dosis außerhalb der Bestrahlungsregion 2

Erfassung der Neutronenanteile durch Messung mit TLD-600 und TLD-700

- Kalibriert mit Co60 im Streustrahlenbereich
- Bildung der Differenz zwischen Kurvenintegralen TLD-600 und TLD-700
- Angabe der **Neutronendosis in Kobaltäquivalent**



Ergebnisse offenes Feld



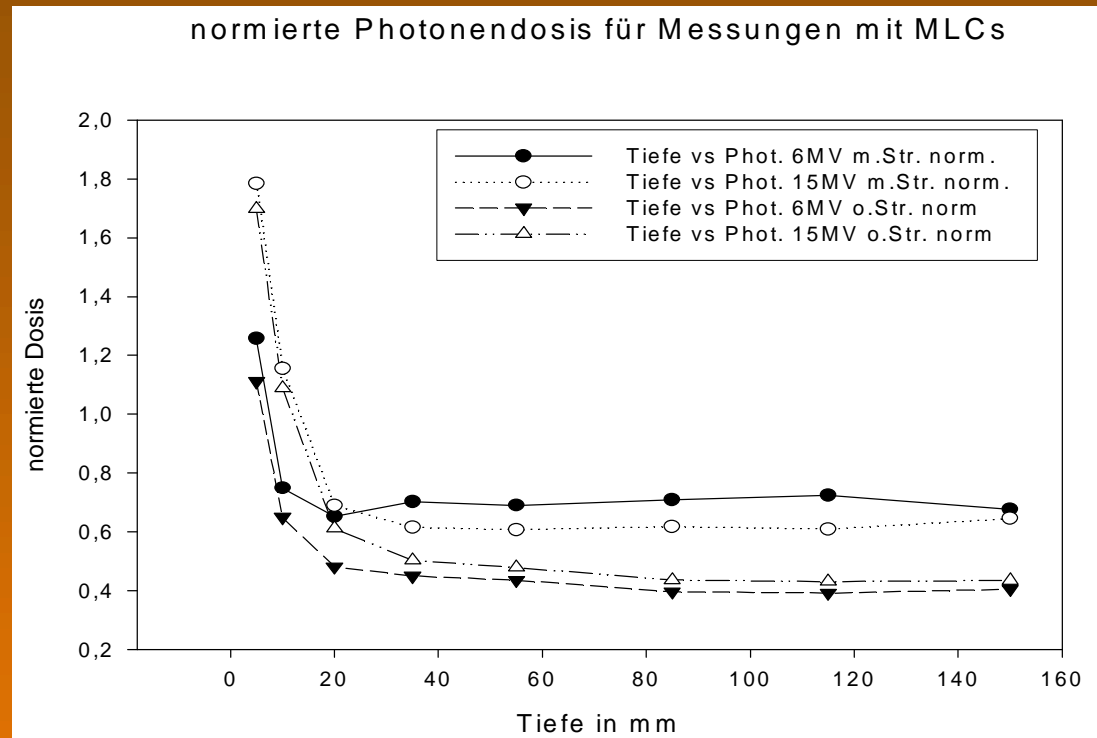
-Oberflächennah 5/10 mm:

geringer Einfluss, d.h. Dosis kommt primär vom Strahlerkopf

-In der Tiefe >20mm:

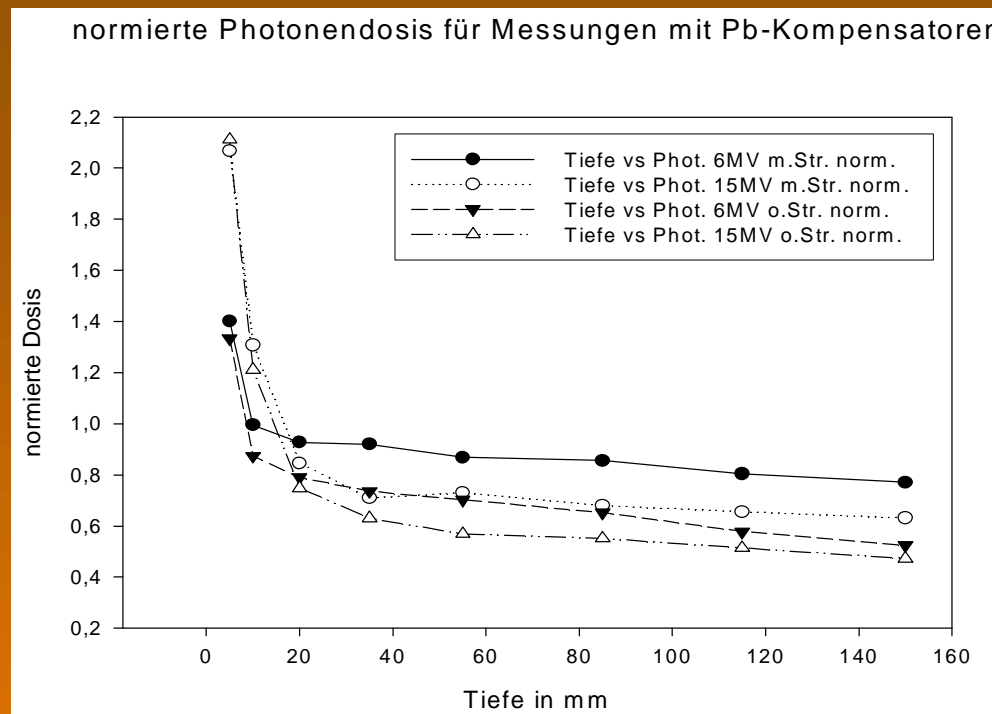
Dosis aus Kopf ca. **0,2%**, durch Streudosis aus Körper Anstieg auf das 2- bzw- 2,5-fache

Ergebnisse MLC



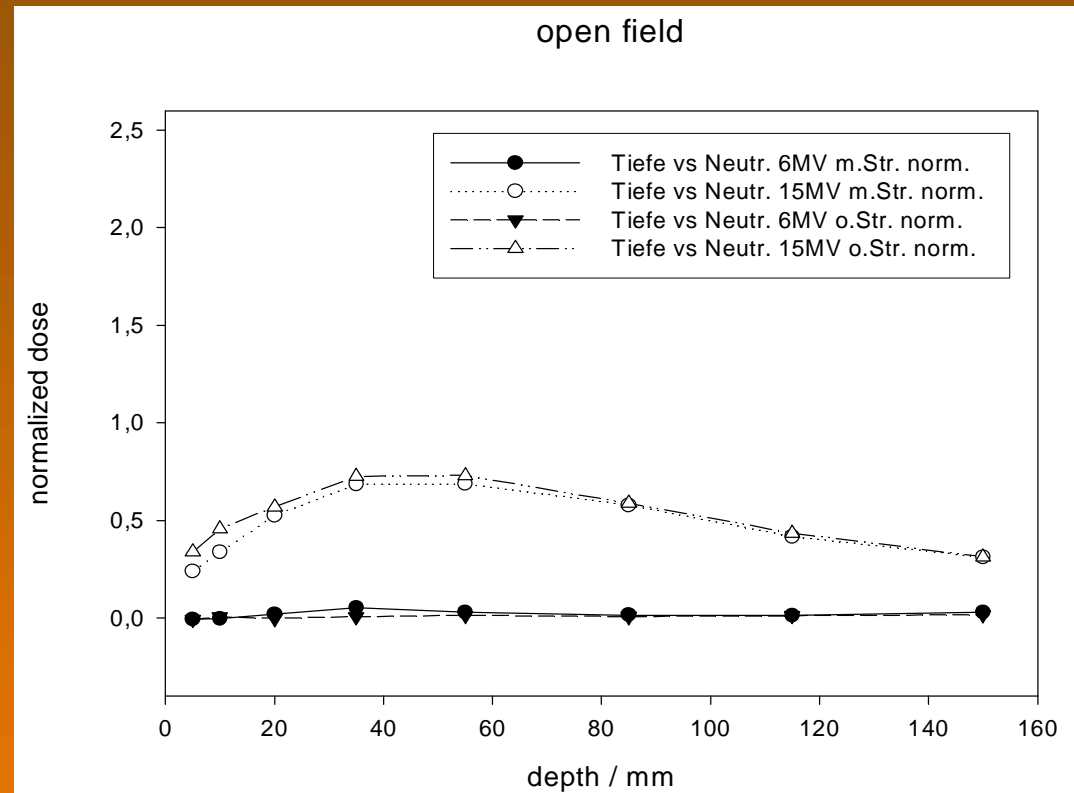
- In der Tiefe >20mm:
- Dosis aus Kopf ca. **0,4% bei 6MV**
 - bei **15MV höher**, da höhere leakage
 - durch **Streudosis aus Körper** Anstieg auf das ca.2-/-3-fache

Ergebnisse MCP-Kompenstor



- In der Tiefe >20mm: - **Dosis aus Kopf** inkl. Kompensator als Streustrahlenquelle ca. **0,55% bei 15MV**, ca. **0,7% bei 6MV**;
- durch **Streudosis aus Körper** Anstieg auf das ca. **1,5-fache**

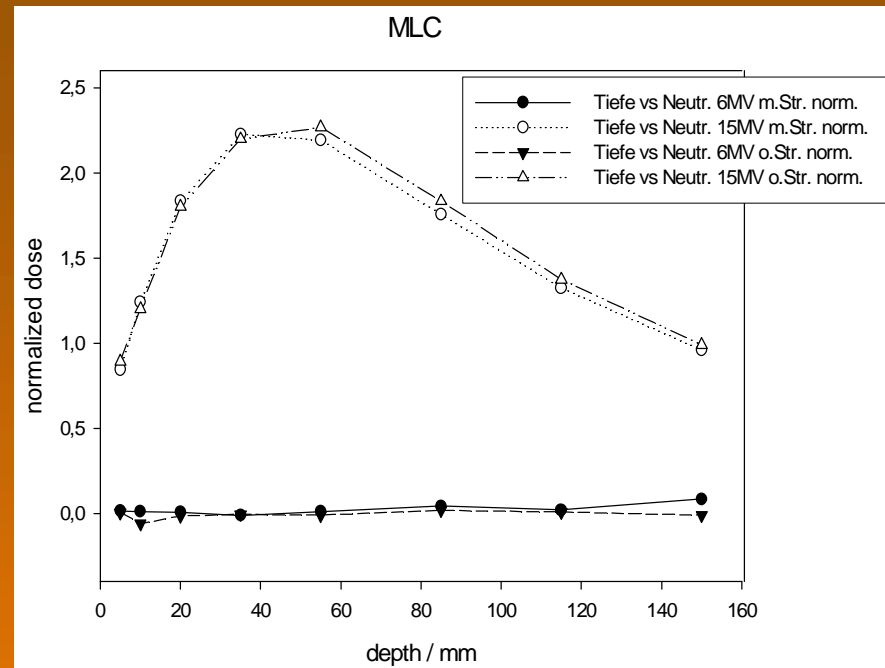
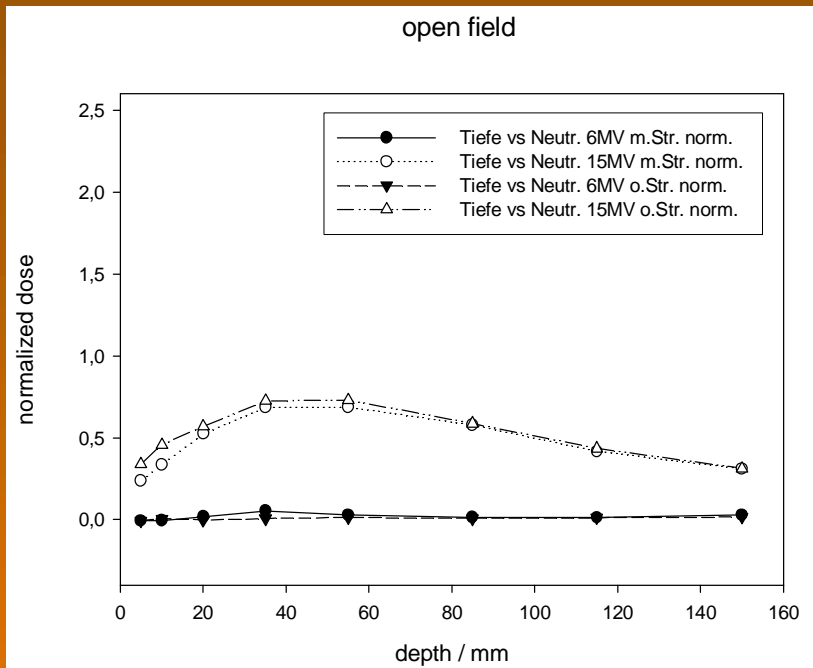
Ergebnisse offenes Feld Neutronen



→ Neutronenanteile wie erwartet **nur bei 15MV**

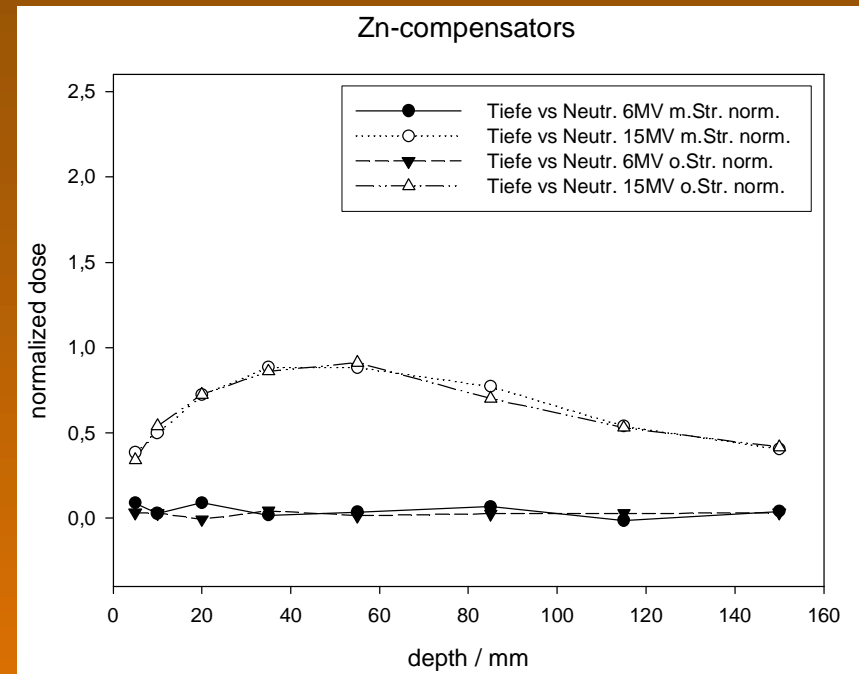
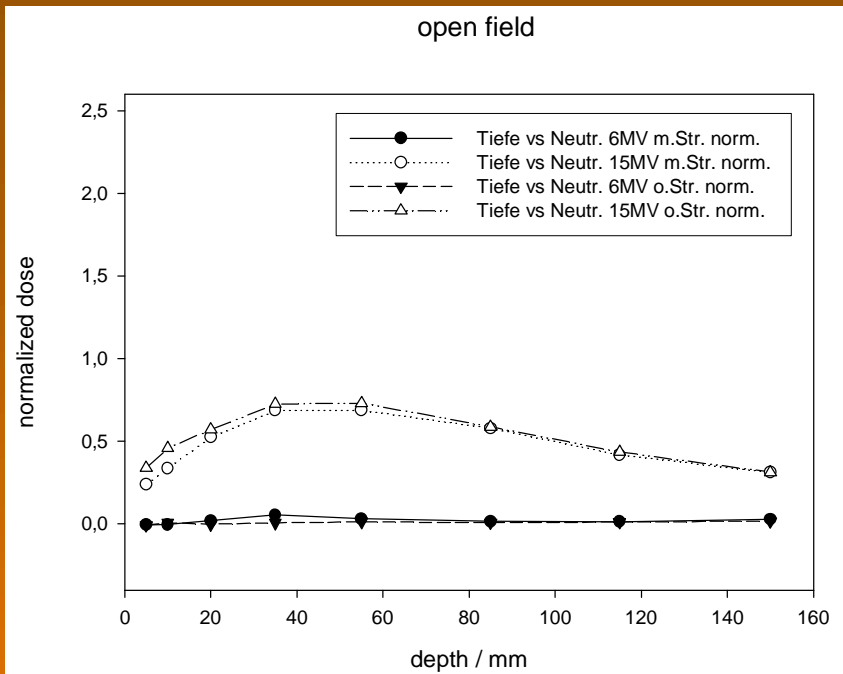
→ Neutronenanteile kommen **primär vom Beschleunigerkopf**

Ergebnisse MLC Neutronen



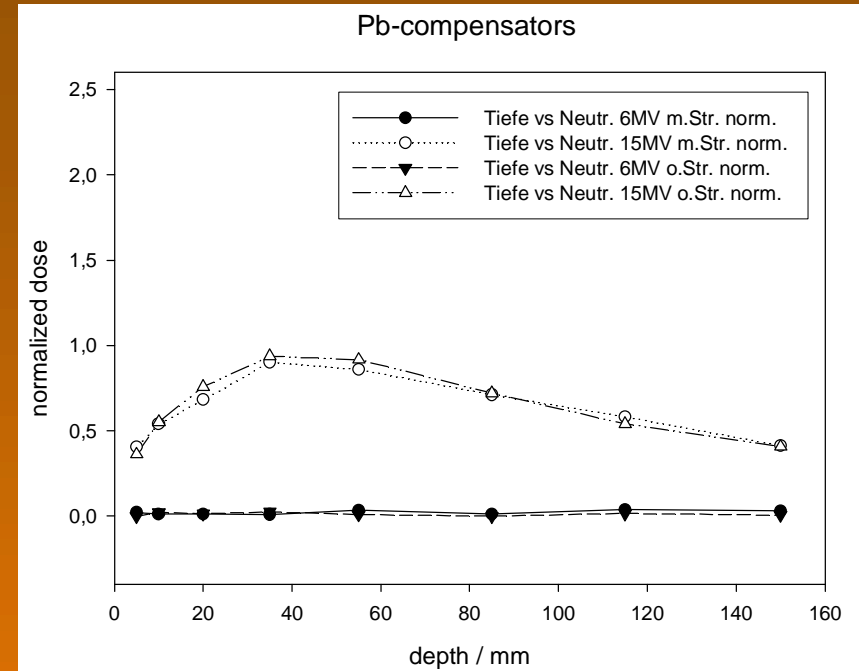
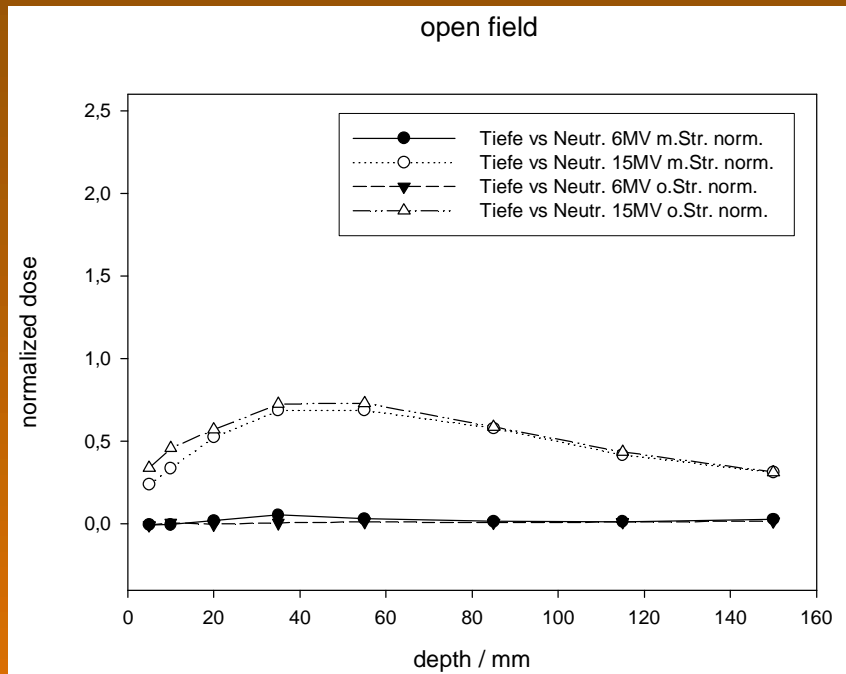
→ Anstieg der durch Neutronen generierten Dosis auf das ca. **4-fache** bei Verwendung der MLC Technologie

Ergebnisse Zn-Komp. Neutronen



→ Anstieg der durch Neutronen generierten Dosis auf das ca. **1,5-fache** bei Verwendung der Zinn-Komp.- Technologie

Ergebnisse Pb-Komp. Neutronen



→ Anstieg der durch Neutronen generierten Dosis auf das ca. **1,5-fache** bei Verwendung der MCP-Komp.- Technologie

Zusammenfassung

- Die Experimente ohne Streuquader zeigen, dass **30 – 50% der Dosis im Patienten selbst** über Sekundärprozesse erzeugt werden, d.h. **50 -70 %** kommen aus dem Strahlerkopfbereich
- Die Strahlenbelastung durch die **Neutronen korreliert** hauptsächlich mit der **Zahl der MUs**.
- Dadurch bei Kompensatortechnik i.A. weniger Neutronenbelastung; keine Unterschiede zwischen Zinn und MCP.

Schlussfolgerung + Ausblick

- Bei Verfügbarkeit beider IMRT-Technologien sollte die Wahl der Photonenenergie auch unter Berücksichtigung der Strahlenbelastung außerhalb des Nutzstrahlenfeldes erfolgen.
- Vergleicht man die Dosisbelastung durch **vermehrte Photonenstreuung** (aus Strahlerkopf und Körper) im **niedrigen MV-Bereich** z.B. 6MV mit der durch **Neutronen** im **höheren MV-Bereich** ist sowohl für Kompensatortechnik als auch für MLC-Technik 6MV zu bevorzugen.
- Messungen zu 10 MV sind noch nicht abgeschlossen.
- Evtl. liegt genau zwischen 6MV und 15MV ein Optimum (???), d.h. summarisches Minimum der Dosisbelastung durch Photonen und Neutronen.

