

Entwicklung eines Messaufbaus für Flash-Effekt-Untersuchungen am Elektronenbeschleuniger FLUTE

Johanna Pehlivan¹, Michael J. Nasse², Miriam Brosi², Till Borkowski², Dieter Leichtle¹, Anton Malygin², Hans Nordmeyer², Robert Ruprecht², Arkady Serikov¹, Nigel J. Smale², Oliver Jäkel^{3,4}, Bernhard Holzapfel⁵

¹Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik, Eggenstein-Leopoldshafen; ²Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Beschleunigerphysik und Technologie, Eggenstein-Leopoldshafen; ³Deutsches Krebsforschungszentrum, Abteilung Medizinische Physik in der Strahlentherapie, Heidelberg; ⁴Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum am Universitätsklinikum Heidelberg, Heidelberg; ⁵Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Technische Physik, Eggenstein-Leopoldshafen

- ⚡ Flash-Strahlentherapie ist ein vielversprechender neuer Ansatz, bei dem ultra-hohe Dosisleistungen (UHDR) ($> 40 \text{ Gy/s}$) eingesetzt werden. Prählinische Studien zeigen eine vergleichbare Tumorkontrolle wie die konventionelle Strahlentherapie ($\sim 0.1 \text{ Gy/s}$), jedoch mit deutlich geringeren Nebenwirkungen im gesunden Gewebe.
- 🔍 Am Linearbeschleuniger FLUTE (Ferninfrarot Linac- und Test-Experiment) wird ein Messaufbau für Bestrahlungsversuche mit variablen Strahlparametern entwickelt mit besonderem Fokus auf UHDR.
- 🎯 Ziel ist es, Versuche zur Dosimetrie unter FLASH-Bedingungen durchzuführen und erste radiochemische sowie radiobiologische Experimente mit Wasser, Zellmedien und Zellkulturen zu realisieren.

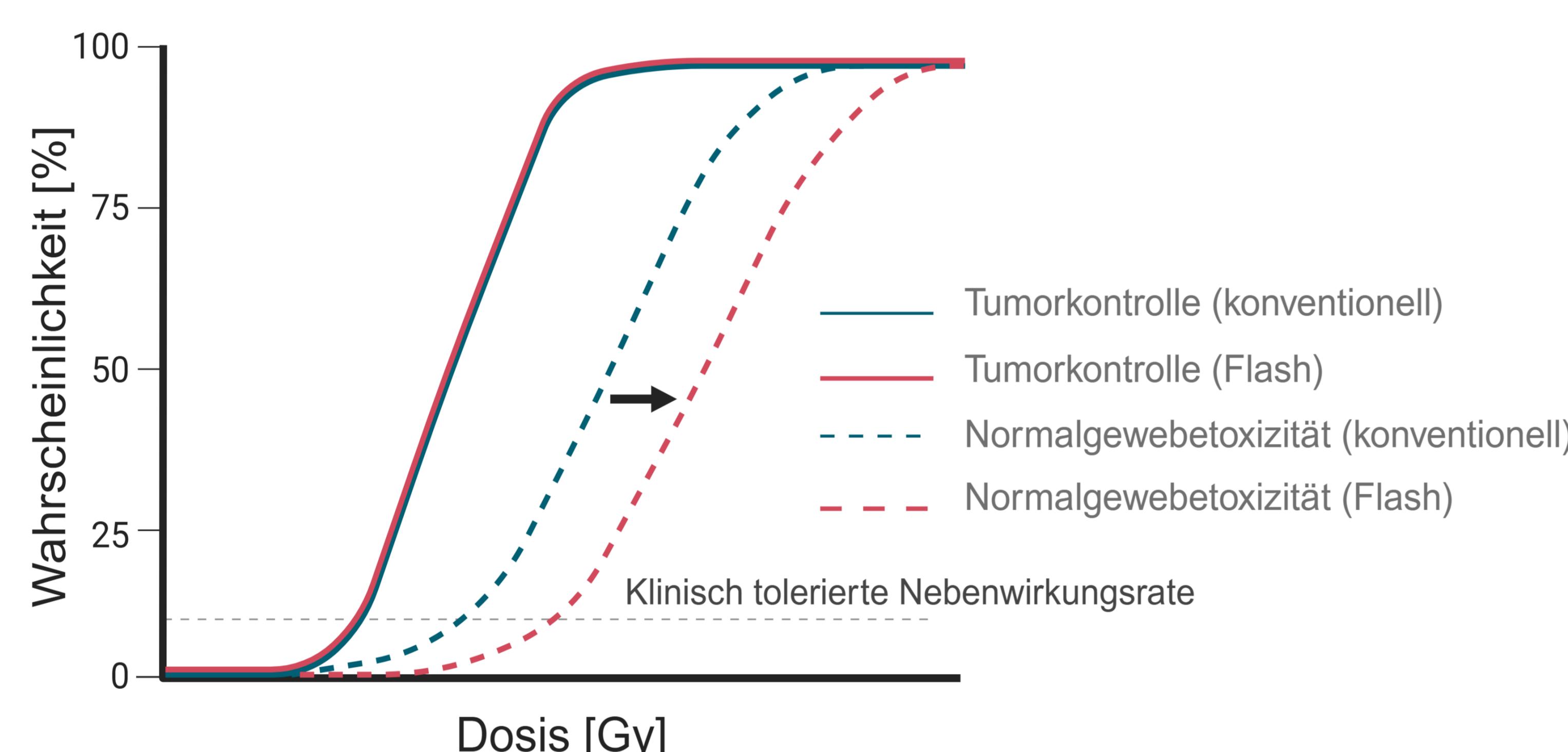
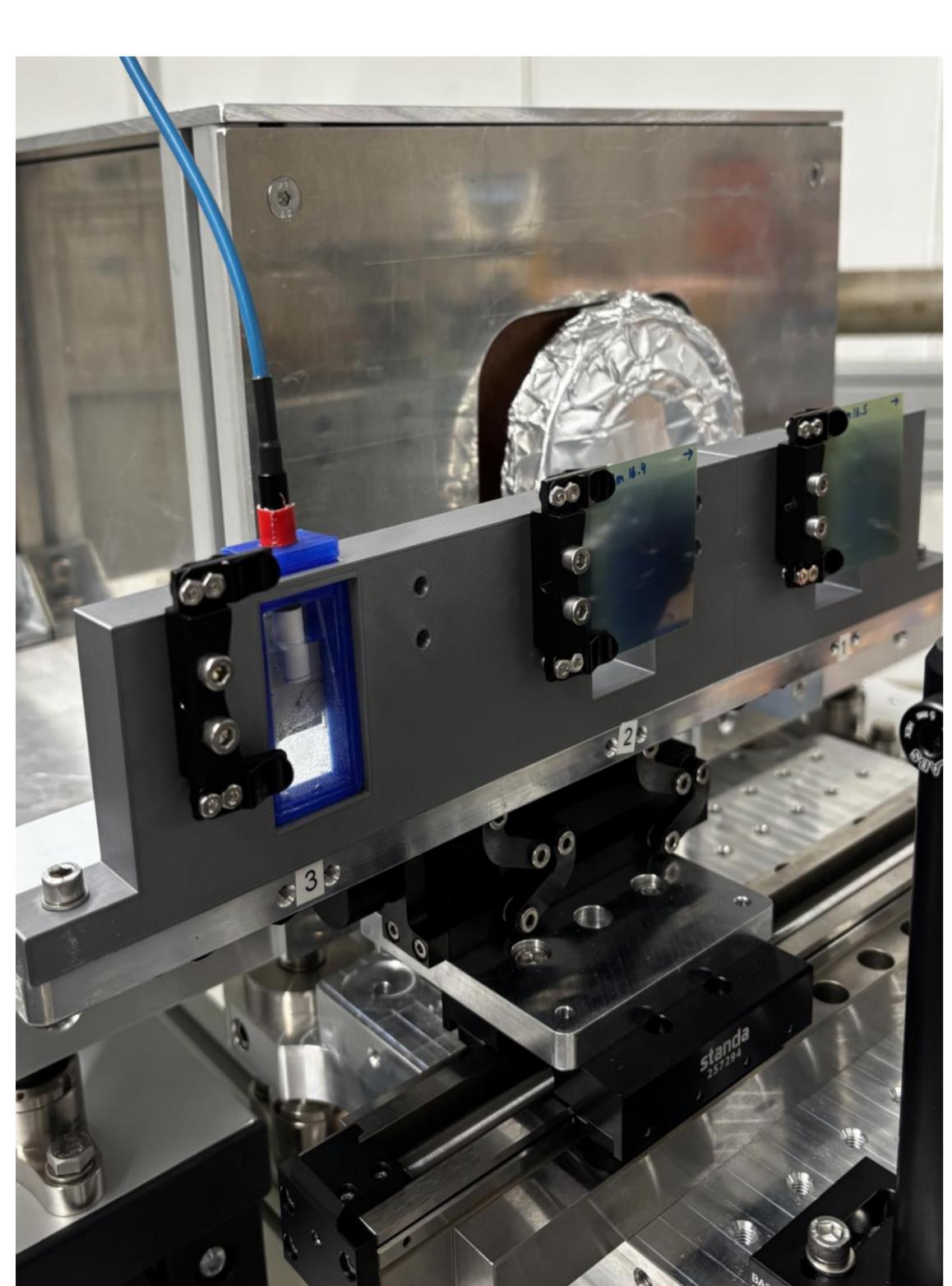


Abbildung 1: Schematischer Vergleich von Tumorkontrolle und Normalgewebetoxizität bei konventioneller vs. FLASH-Bestrahlung (modifiziert nach Vozentin et al., Nat Rev Clin Oncol 2022). Erstellt mit BioRender.

Messaufbau für Flash-Untersuchungen

- Variable Konfiguration
- Flexible Platzierung von Proben und Detektoren
- Automatisierte sequenzielle Bestrahlung



Dosimetrie an FLUTE

- Advanced Markus Electron Chamber (PTW)
 - Referenz, absolute Dosis, niedrige Dosisleistung
- FlashDiamond-Detektor (PTW)
 - hohe Zeitauflösung, geeignet für UHDR
- EBT-XD Filme (Gafchromic, Ashland)
 - 2D-Verteilungen, hohe Ortsauflösung
- Optisch stimulierte Lumineszenz Dosiometer (Mirion Technologies)
 - Integrierend, empfindlich bei niedrigen Dosen

Abbildung 2: FlashDiamond und EBT-XD Filme im FLUTE-Messaufbau.

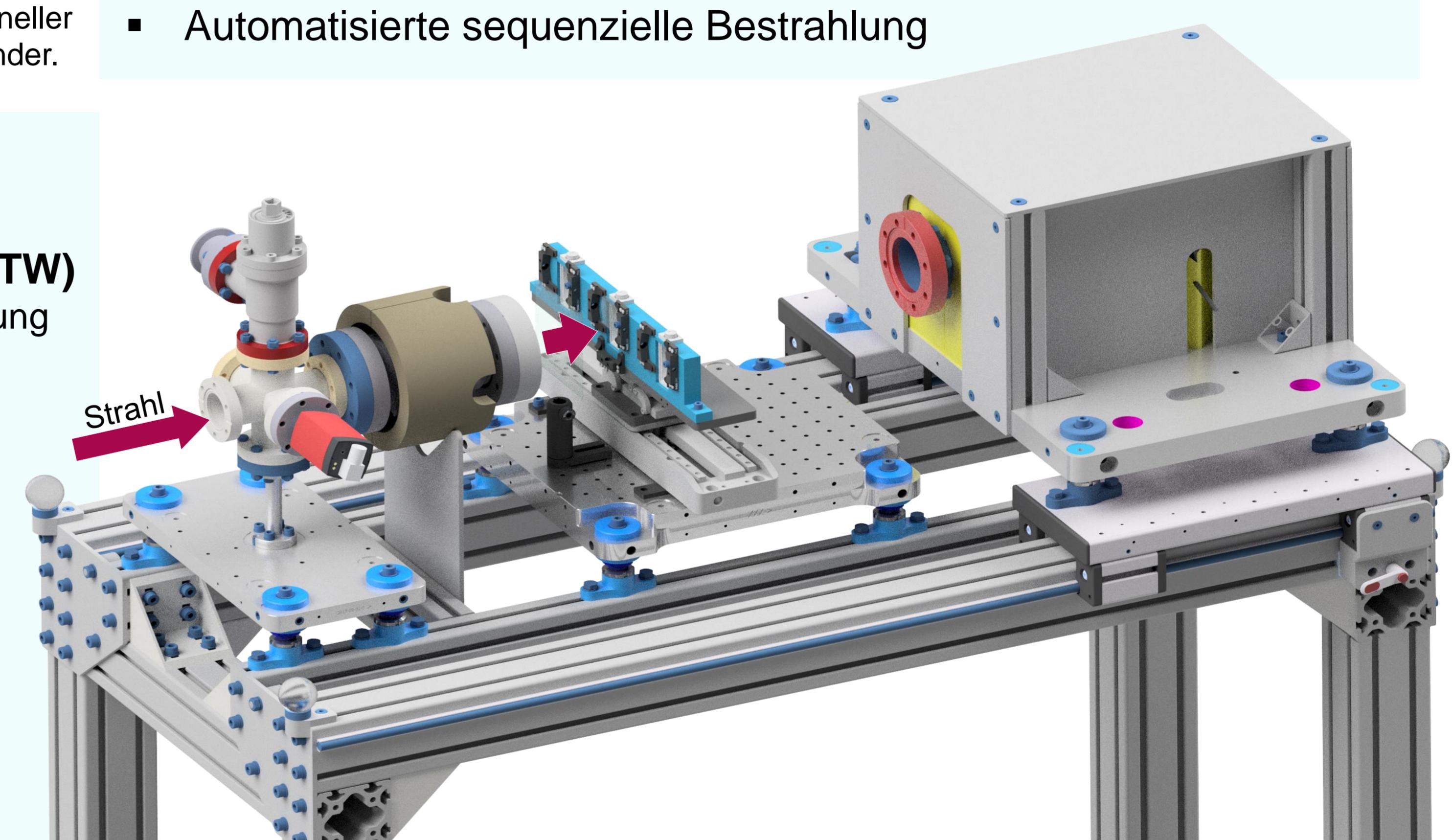


Abbildung 3: FLUTE-Messaufbau zur Durchführung von UHDR Bestrahlungen in Luft.

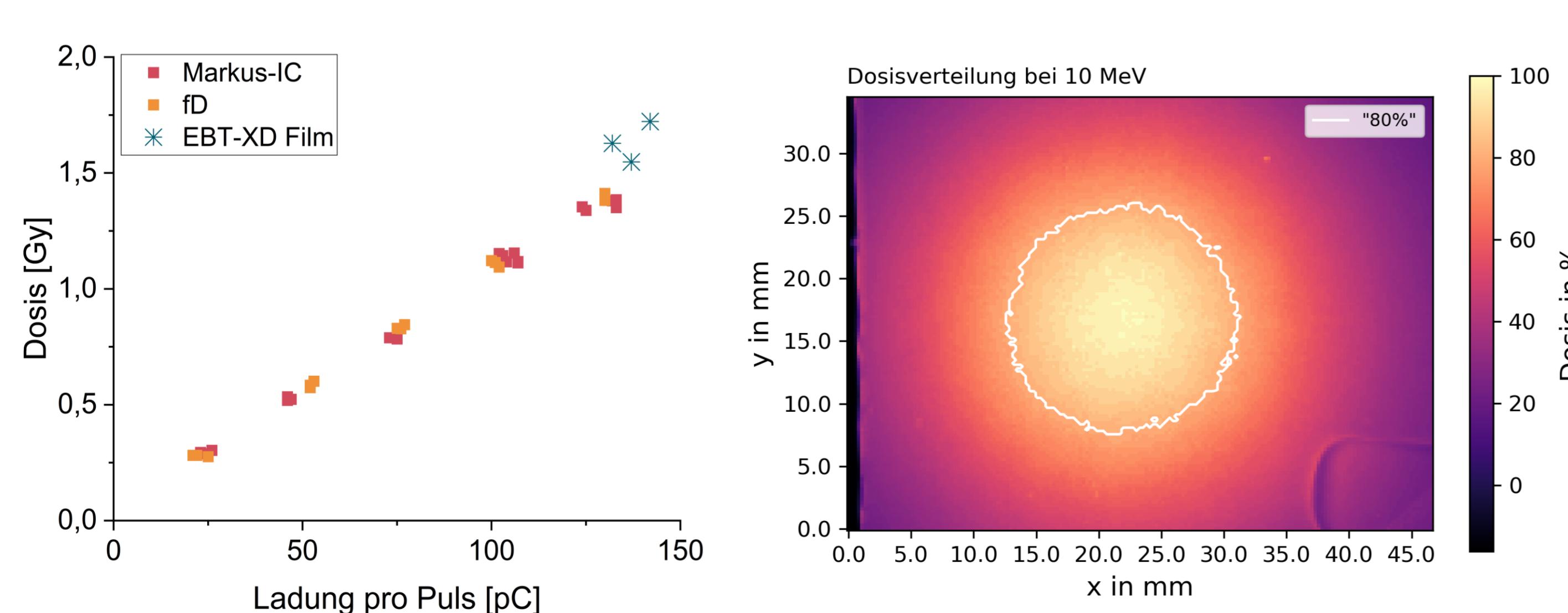


Abbildung 4: Messungen bei 10 MeV, 10 Hz, 10 s Bestrahlung mit aufgeweiteten Strahl.
Links: Dosis vs. Pulsladung. Vergleich zwischen Markus-IC, FlashDiamond (fD) und EBT-XD Film.
Die Filmdosiswerte wurden über eine Fläche von $5 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ gemittelt.
Rechts: 2D-Dosisverteilung des EBT-XD Films.

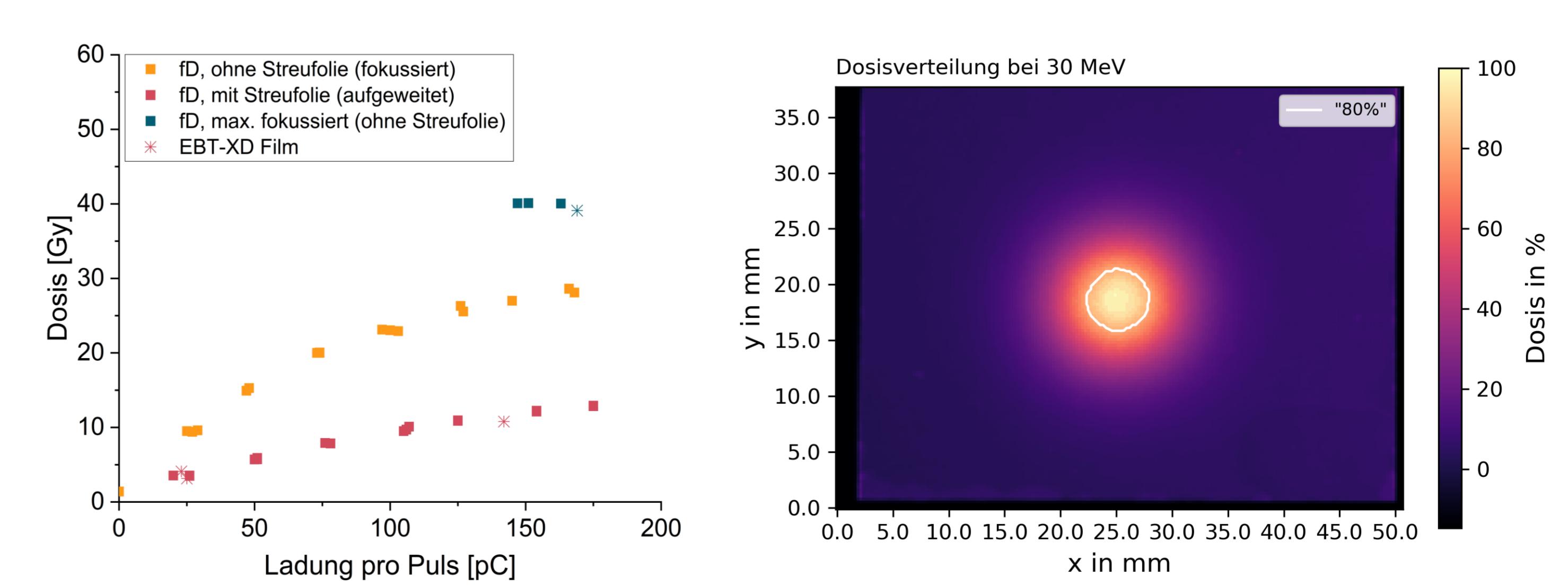


Abbildung 5: Messungen bei 30 MeV, 10 Hz und 10 s Bestrahlzeit.
Links: Dosis vs. Pulsladung für verschiedene Strahldurchmesser, gemessen mit dem FlashDiamond (fD) und EBT-XD Filmen. Die Filmdosiswerte wurden über eine Fläche von $3 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ um das Dosismaximum gemittelt.
Rechts: 2D-Dosisverteilung des EBT-XD Films bei fokussiertem Strahldurchmesser.