



Konzept einer evidenzbasierten Qualitätssicherung des Beschleunigers bei VMAT (Masterthesis Cindy Bellmann*)

Philipp Schilling

Krankenhaus Dresden-Friedrichstadt (KHDF)

ZKS/ Abteilung Strahlenphysik

schilling-ph@khdf.de

VMAT-QS?



- IMRT-Normen bedingt anwendbar:

DIN 6875-3 „Techniken der Fluenzmodulierten Strahlentherapie, bei denen Rotationsbestrahlungen zum Einsatz kommen (..), werden in dieser Norm nicht behandelt..“ *1

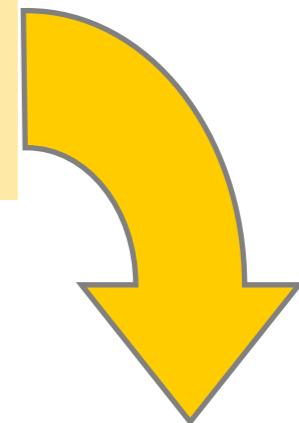
AAPM R142 „MLC-based IMRT with simultaneous gantry rotation [...] QA for these technologies is not included in the report.“ *2



→ aktuell keine Normen speziell für VMAT!

→ lediglich Empfehlung:

- „sinngemäße“ Anwendung der IMRT-QS
- Erweiterung notwendig!

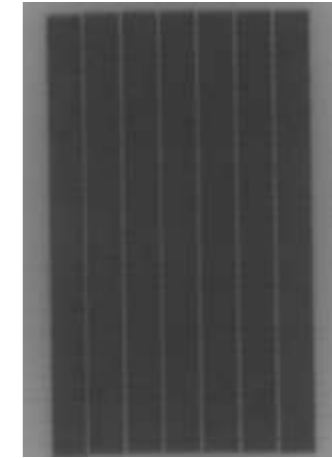
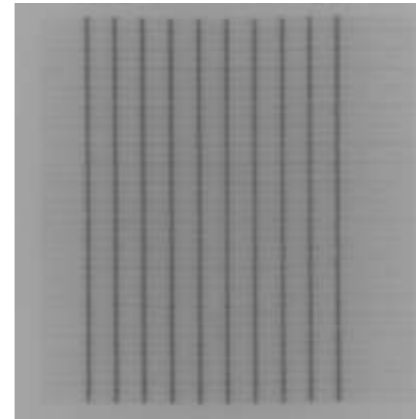


*1 DIN 6875-3(2008)

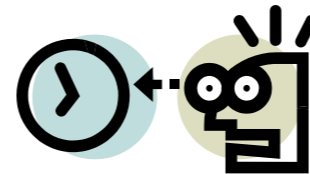
*2 AAPM TG Report142 (2009)

DIN, IAEA, AAPM

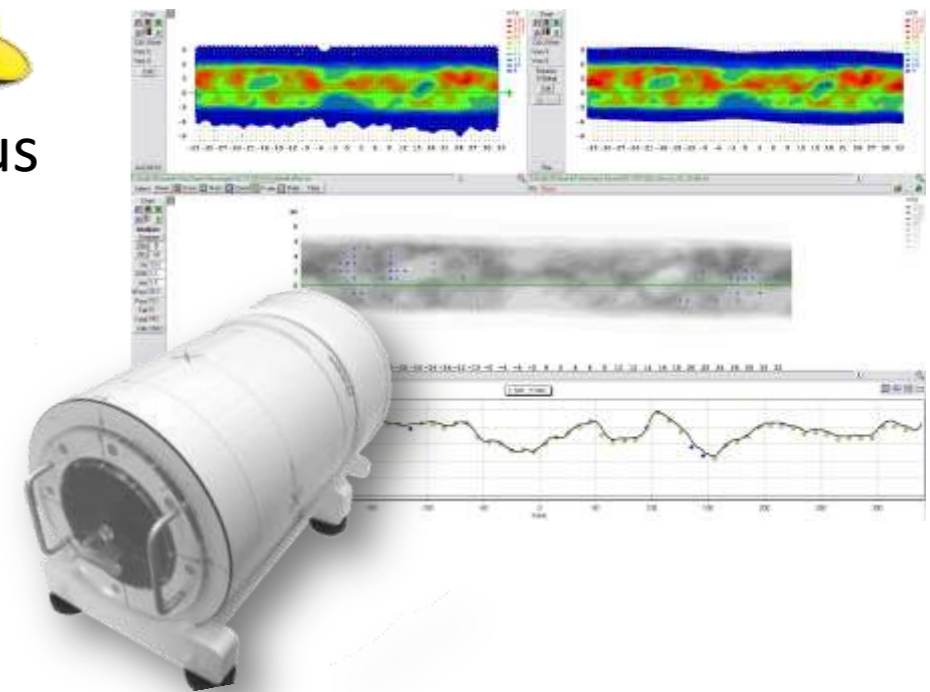
- Abnahme- und Konstanzprüfung
 - DIN 6875-4 (2011)
 - Maschinenbezogene QS



- Komplexität kann patientenbezogene QS erfordern
 - DIN 6875-3 (2008)
 - Gegenrechnung mit unabhängigen Algorithmus
 - Dosimetrische Prüfung



- im Systemtest
 - ..in Arbeit



VMAT: „sinngemäße“ Anwendung der IMRT-QS & Erweiterung I

patientenbezogene QS



- Minimum: Gegenrechnung mit unabhängigen Algorithmus

- Dosimetrische Prüfung

- VMAT: 3D-Applikation → 3D-Dosimeter

→ techn. Limitierung des Dosimeter

🙄 Ortsauflösung, Dioden vs. IoK. *1

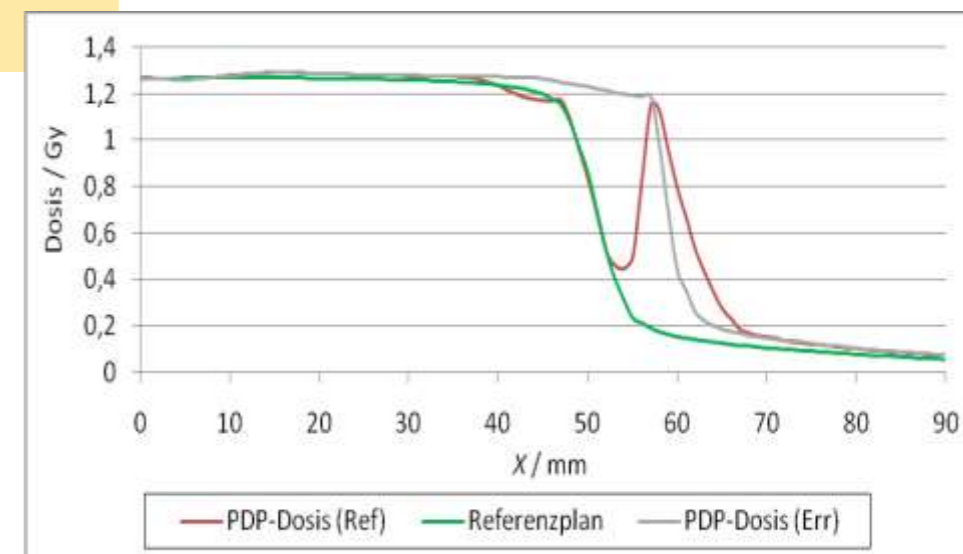
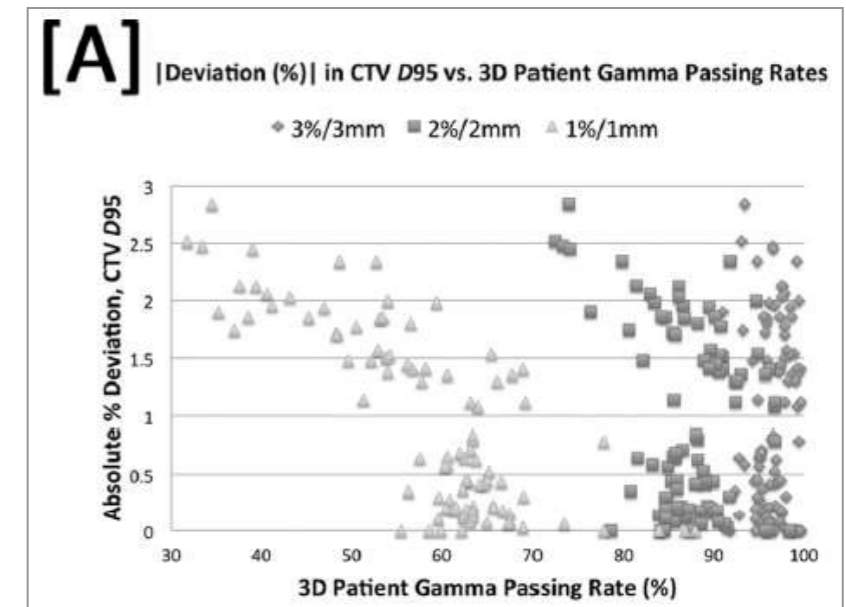
→ gamma-Index

🙄 schwache/keine Korrelation Gamma PassingRate zu klinisch relevanten Abweichungen *2

- Rückrechnung in Patient (z.B. 3DVH SunNuc.)

→ zuverlässig?

🙄 Limitierung durch Dosimeter & (Software) *3



*1 Feygelman et.al. „Evaluation of a new VMAT QA device, or the “X” and “O” array geometries”, JoACMP 12 (2), 2011

*2 Zhen et.al. „Moving from gamma passing rates to patient DVH-based QA metrics in pretreatment dose QA”, Med. Phys. 38 (10), 2011

*2 Hammer, D: „Kritische Analyse der Bewertungskriterien für eine feldbasierte Qualitätssicherung von IMRT Bestrahlungen“, Masterarbeit KHDF/OncoRay 2011

*3 Hyty, J: „Übergang von der phantombasierten Verifikation zur in-vivo Analyse komplexer Dosisverteilungen - systematische Untersuchung eines kommerziellen Systems“, Masterarbeit KHDF/OncoRay, 2012

VMAT: „sinngemäße“ Anwendung der IMRT-QS & Erweiterung II

maschinenbezogene QS

- Literatur:

VARIAN-spez.: Ling *et al.*^{*1}, van Esch *et al.*^{*2}

ELEKTA-spez.: Bedford *et al.*^{*3}



- Problem: Toleranzen



- keine verbindlichen Vorgaben
- Basis? Technische Limitierung/
Herstellerangaben
- klinischer Bezug?



Grundlegender Aspekt



QS soll den medizinischen Erfordernissen gerecht werden.

Klinisch relevante Aspekte müssen gesichert werden.



*1 Ling *et al.*, „Commissioning and quality assurance of Rapidarc radiotherapy delivery“ Int. J. RadOnc Biol. Phys., Vol. 72, No. 2, 2008

*2 van Esch *et al.*, „Implementing RapidArc into clinical routine: A comprehensive program from machine QA to TPS validation and patient QA“ Med. Phys. 38, No. 9, MedPhys 38 (9), 2011

*3 Bedford *et al.*, „Commissioning of volumetric modulated arc therapy (VMAT)“ Int. J. RadOnc Biol. Phys., Vol. 73, No. 2, 2009

1. keine Vorgaben (Normen,..)
2. patientenbezogene QS unzureichend
3. maschinenbezogene QS
 - a) unvollständig
 - b) kein/kaum Bezug zur Klinik



Evidenzbasierten Maschinen-QS bei VMAT

Konzept evidenzbas. Maschinen-QS bei VMAT

Basis



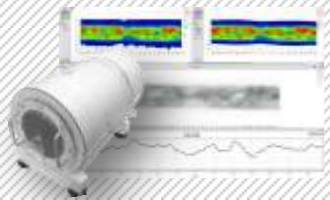
Klinische Dosis toleranzen
(TCP, NTCP, ...)

mögliche Applikationsfehler
(wie wird VMAT eigentlich umgesetzt)



Systematische Planstudie
(Einfluss einzelner technischer Komponenten
auf Patientendosisverteilung)

klinisch relevante
Toleranzen & Aktionsschwellen
pro technische Komponente

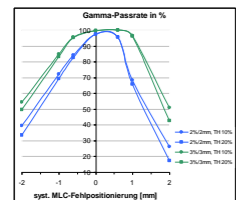


Prüfen aktueller maschinenbez.
& patientenbezogener QS

klinisch relevante
Abweichungen sicher erkennbar?



Entwicklung Tests für
maschinenbezogene QS

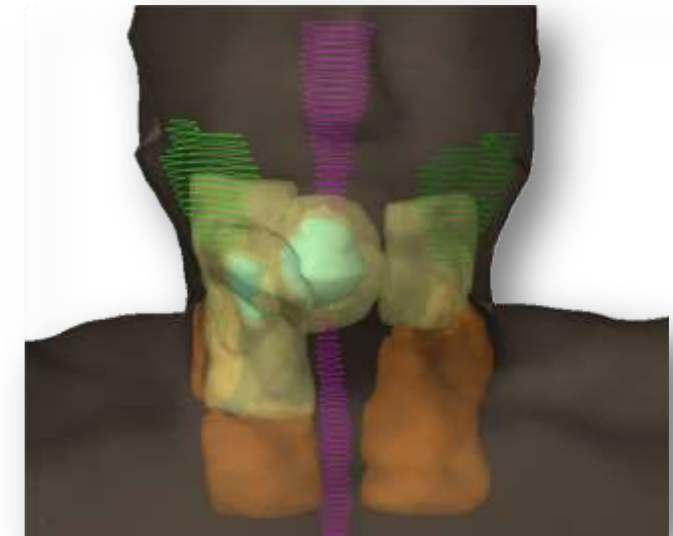


systematische Evaluation

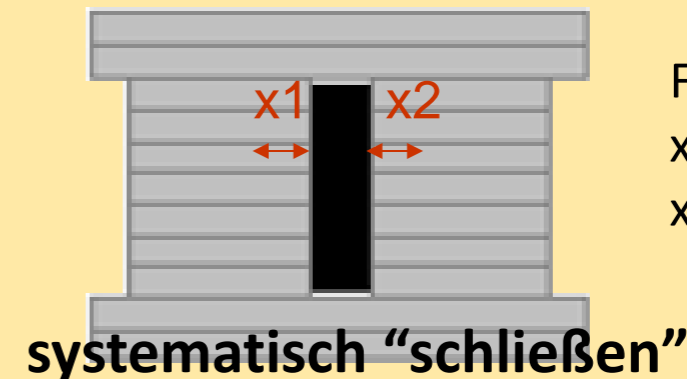
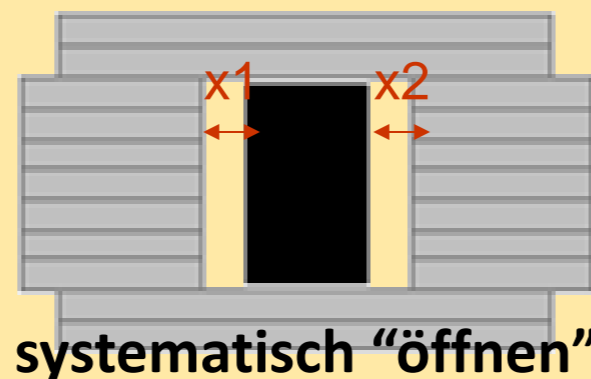
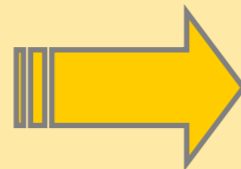
evidenzbasierte Maschinen-QS
Toleranzen & Aktionsschwellen

Basis

- klinische Dositoleranzen: HNO-Bereich *1 *2 ...
 - medizinischer Part → biologische Modelle...
 - PTV: $D_{\text{mean}}(-2\%)$, $D_{98\%}$ und $D_{2\%}$
 - Parotiden: $D_{\text{mean}}(+5\%)$
 - Myelon: $D_{\text{max}}(+1-2\text{Gy})$, $D_{1\text{ccm}}$
- mögliche Applikationsfehler *3 *4 *5
 - VMAT: MLC folgt Gantry & Gantry folgt Dosis (VARIAN Clinac)
 - Dosisleistung (dynamisch)
 - Gantrygeschwindigkeit (dynamisch)
 - MLC (Positionierung, Geschwindigkeit,...)



systematische MLC-Fehlpositionierung (komplette Leafbank)



Fehler:
 $x = x1 + x2$
 $x = 1\text{mm} - 4\text{mm}$

*1 Herrmann T, Baumann M, Dörr W (2006) „Klinische Strahlenbiologie - kurz und bündig“, 2004

*2 Marks *et al.* „Use of normal tissue complications probability models in the clinic“, *Int. J. RadOnc Biol. Phys.*, 76 (3), 2010

*3 Oliver *et al.* „Clinical significance of multi-leaf collimator positional errors for volumetric modulated arc therapy“, *RadOnc* 97, 2010

*4 Oliver *et al.* „Understanding the impact of RapidArc therapy delivery errors for prostate cancer“, *JoACMP* 12 (3), 2011

*5 Heilemann *et al.* „On the sensitivity of common gamma-index evaluation methods to MLC misalignments in Rapidarc quality assurance“, *MedPhys* 40 (3), 2013

Systematische Planstudie

TPS-Dosis im Patienten:
Patienten-Referenzplan



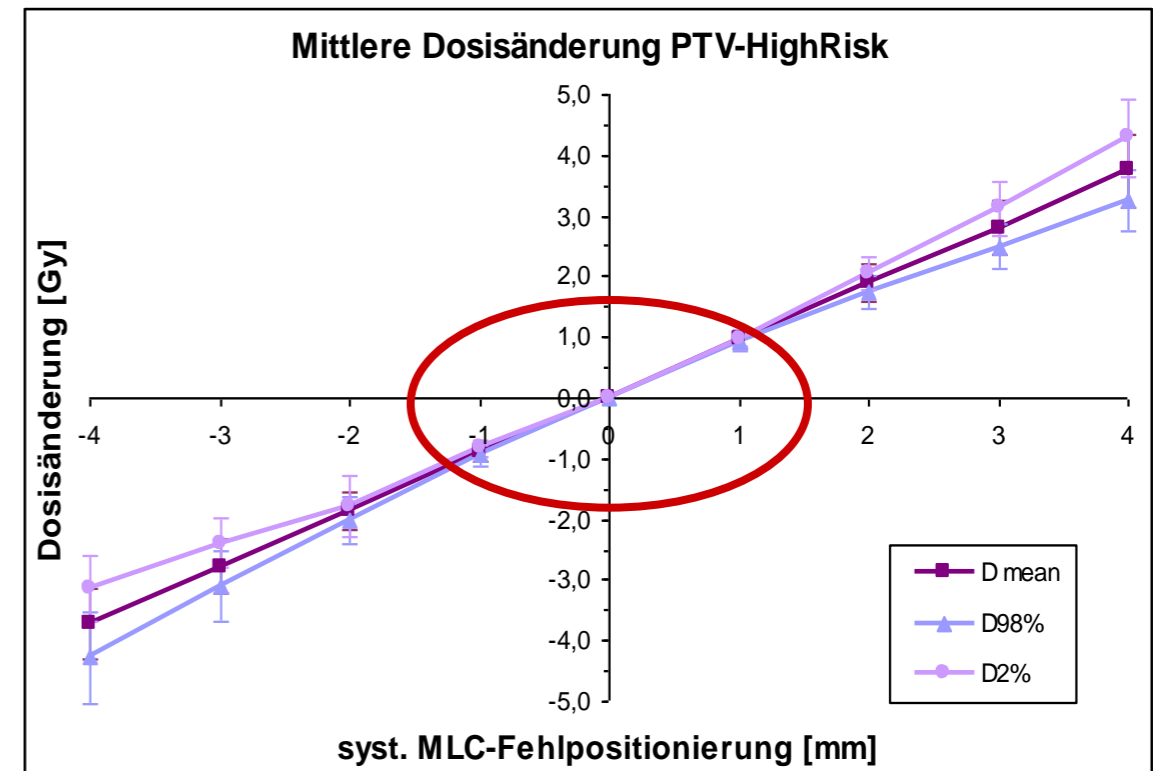
sys. MLC-Fehler



TPS-Dosis im Patienten:
Patienten-Fehlerplan



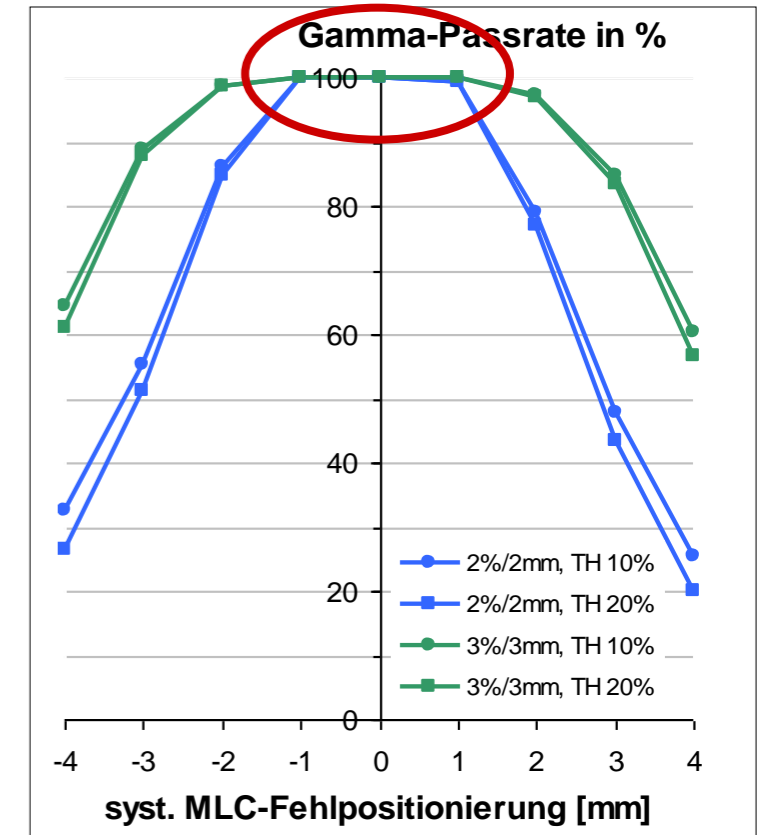
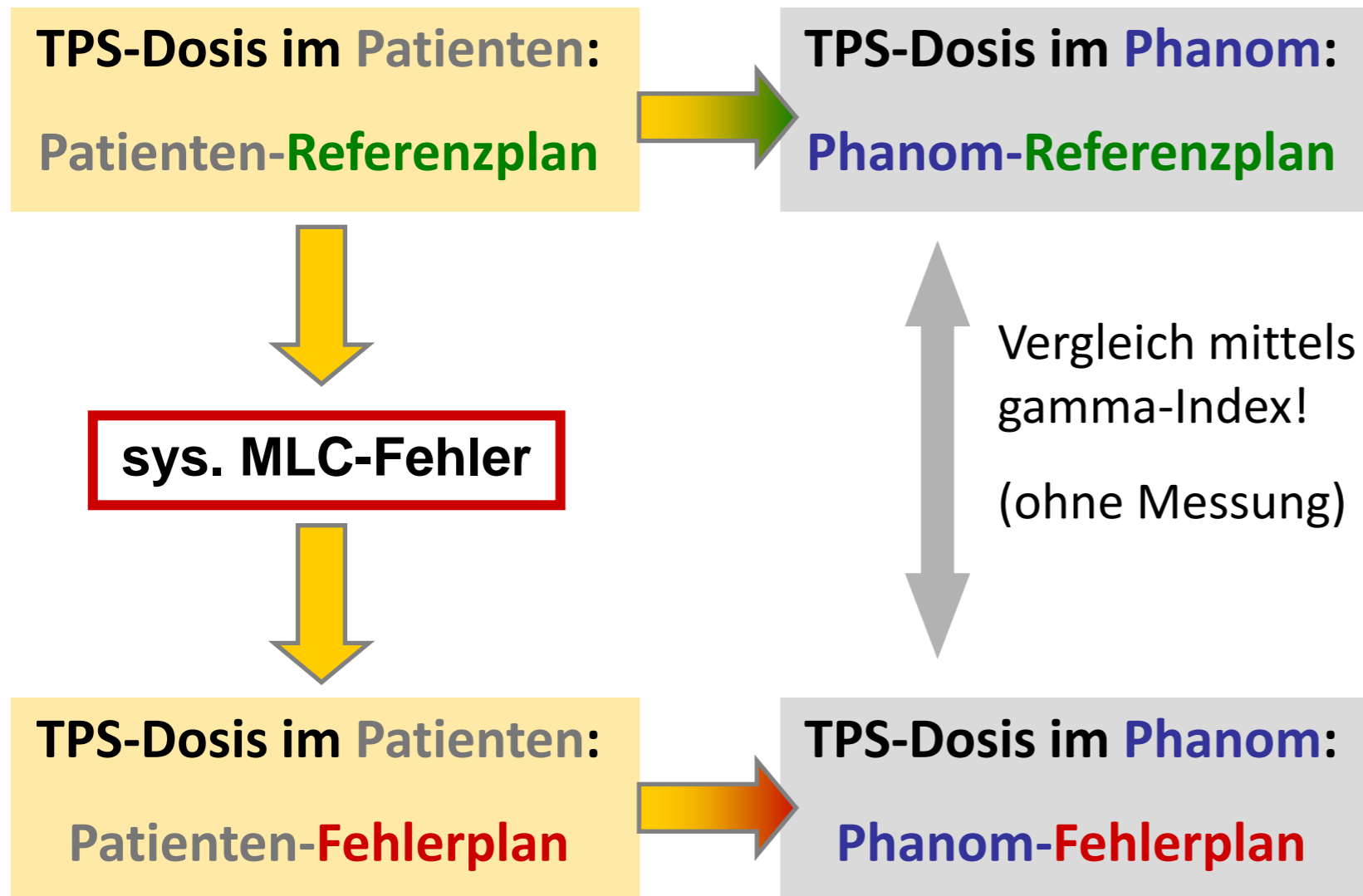
Vergleich mittels
klinischer Parameter
im TPS!



bereits 1mm klinisch relevant!



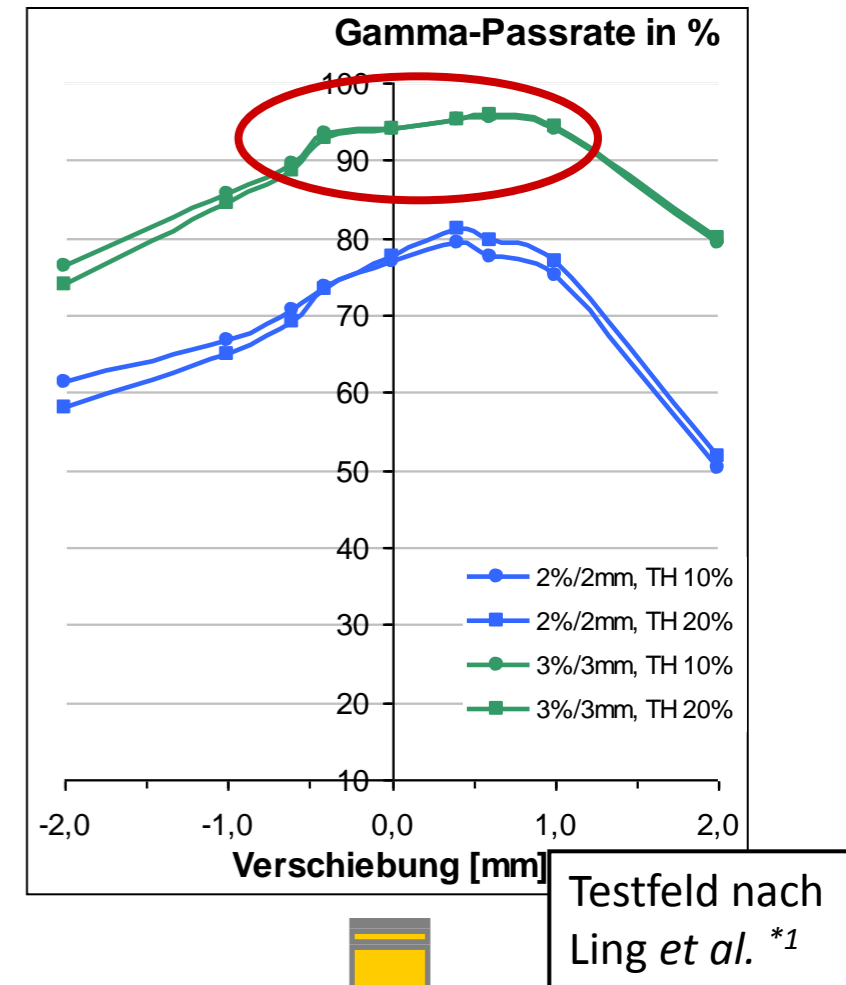
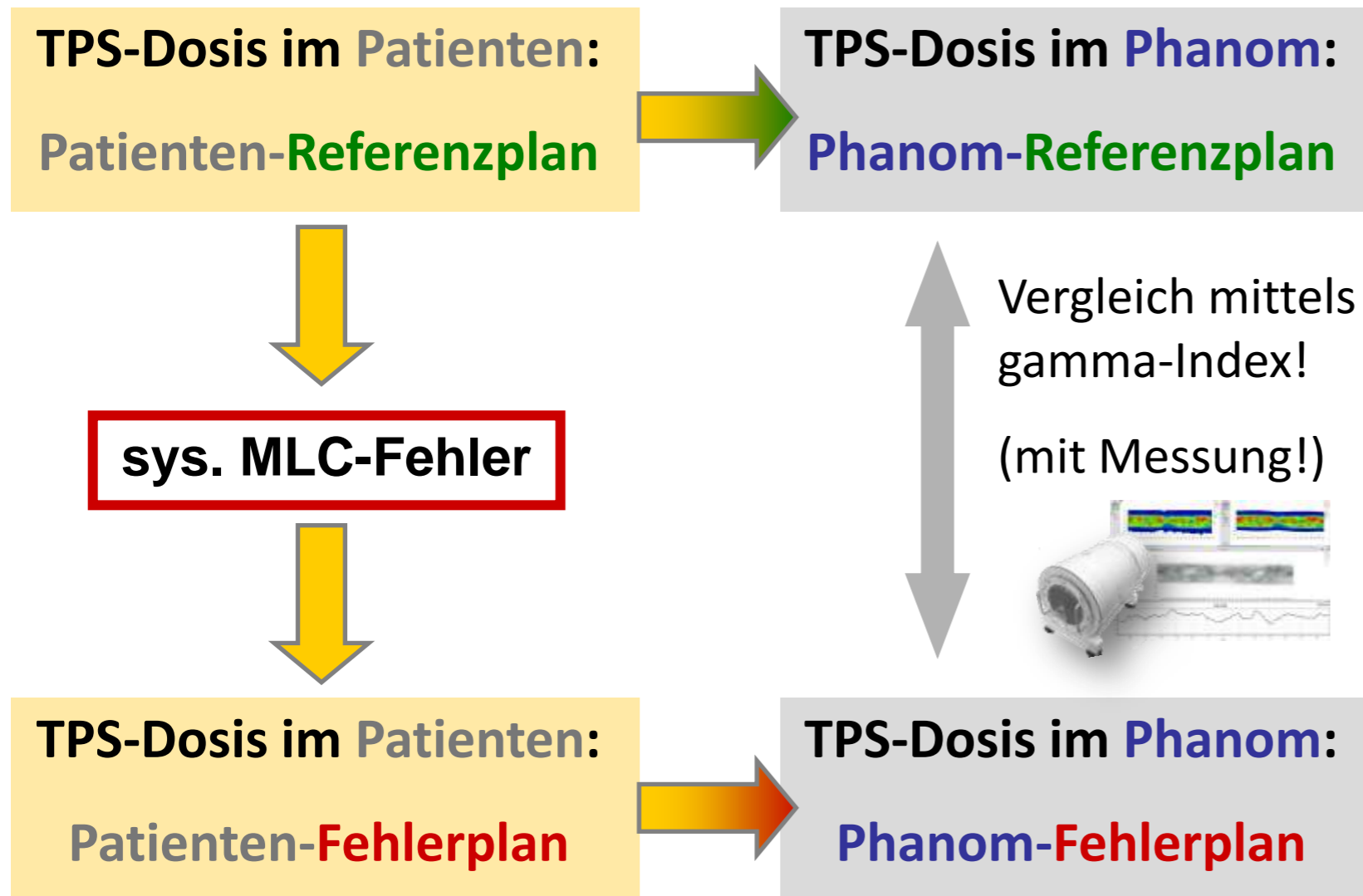
Prüfen aktueller patientenbezogenen QS



**1mm-Fehler nicht erkannt
erst ab 2,5mm (γ 3%,3mm TH10)**

aktuell mögliche Abweichungen:
 D_{mean} ZV: 6,5 %
 D_{mean} Parotiden: 15 %
 D_{max} Myelon: 8 % / 3 Gy

Prüfen aktueller maschinenbezogenen QS

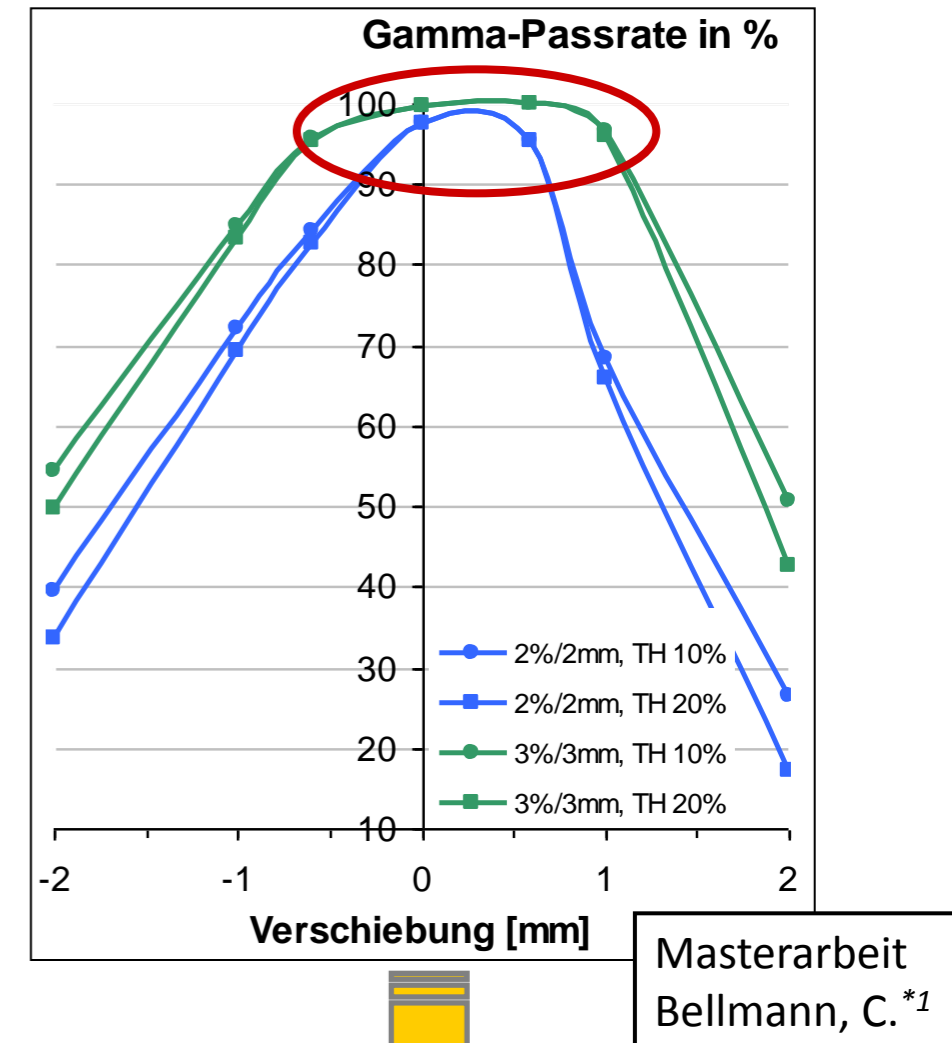
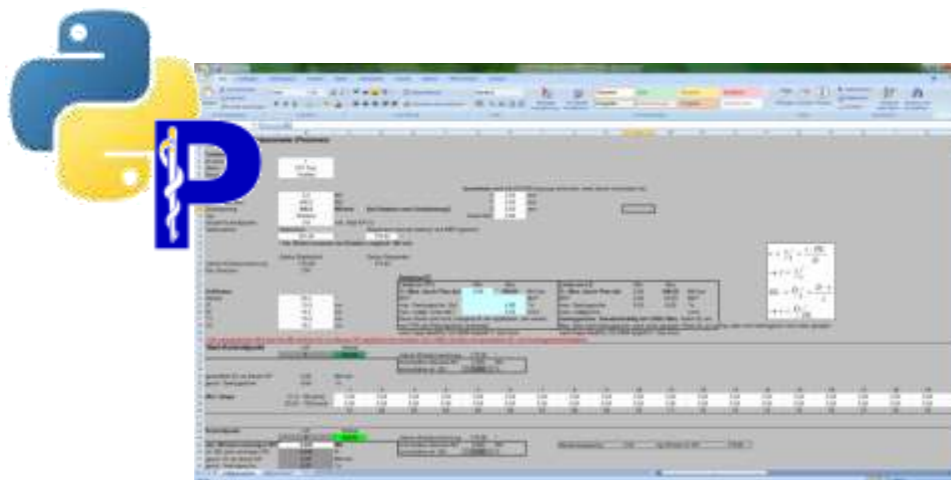


Klinisch relevante Fehler nicht erkannt!

→ nicht „realistisch“ im Vergleich zu VMAT-Plänen

maschinenbezogene QS bzgl. sys. MLC-Fehlpositionierung

- Anforderungen („realistisch“):
 - unterschiedliche Leafgeschwindigkeiten
 - Bewegung aller Leaves
 - Rotation der Gantry (Einfluss Gravitation)
 - fixe Dosisrate und Gantrygeschwindigkeit
 - Umsetzung:
 - Modifikation DICOM-RT-Plan
 - Design eigener DICOM-RT-Plan über Excel-Sheets
- inHouse-Entwicklung*² (Phyton*³)



Klinisch relevante Fehler erkannt!
γ 3%,3mm TH10 → < 90%
γ 2%,2mm TH10 → < 70% Toleranzschwelle
→ < 85% Aktionsschwelle

*1 Bellmann, C: „Evidenzbasierte Qualitätssicherung volumenmodulierter Rotationsbestrahlung“, Masterarbeit KHDF/OncoRay 2013

*2 Schilling, Philipp, KHDF

*3 <https://www.python.org/>; <https://code.google.com/p/pydicom/>



Das Konzept wurde von Cindy Bellmann^{*1}
im Rahmen ihrer Masterthesis^{*2} Etabliert und Validiert.

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Das Physikteam des KHDF

B. Theilig, P. Schilling, H. Tümmeler, M. Reimann, S. Pensold, K. Merla



*1 HELIOS Klinikum Bad Saarow, Klinik für Radioonkologie und Strahlenheilkunde, 15526 Bad Saarow

*2 Bellmann, C: „Evidenzbasierte Qualitätssicherung volumenmodulierter Rotationsbestrahlung“, Masterarbeit KHDF/OncoRay 2013