



## Was sind Qualitätskriterien in der mono-isozentrischen Radiochirurgie von multiplen Hirnmetastasen?

PD. Dr. Markus Oechsner

Klinik für RadioOnkologie und Strahlentherapie

# Einleitung

- Radiochirurgie (SRS) von Hirnmetastasen wirksame Therapie (siehe bisherige Vorträge)
- Behandlung multipler Hirnmetastasen:
  - früher Ganzhirnbestrahlung Standard
  - => Trend zur SRS (Studien)
- Begrenzte Anzahl Metastasen ( $\leq 4$ )\* => SRS
- SRS mittlerweile auch bei  $>4$  Metastasen

\* Kocher M et al. Strahlenther Onkol. 2014;190(6):521–32.  
 Soffiatti R et al. Neuro-Oncology 2017;19(2):162–74.

## Strahlentherapie von Metastasen



LINAC<sup>1</sup>



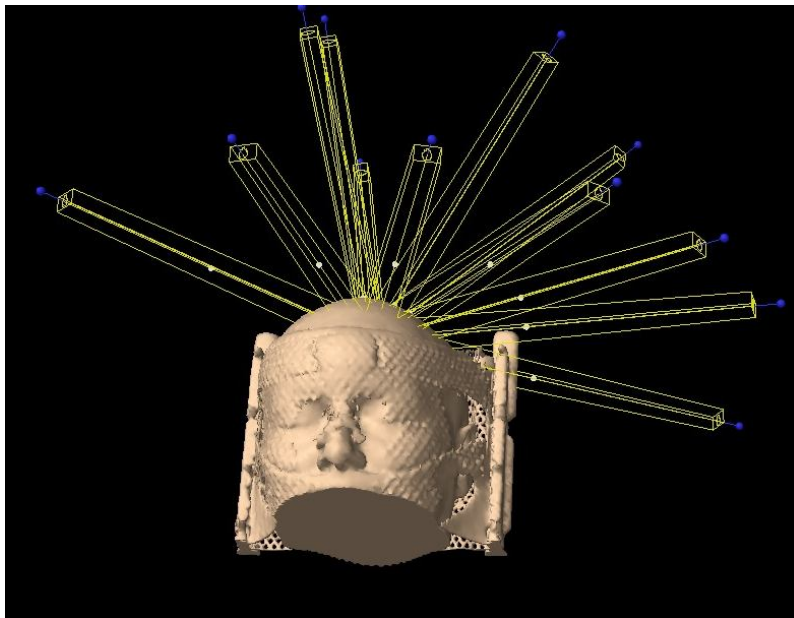
CyberKnife<sup>2</sup>



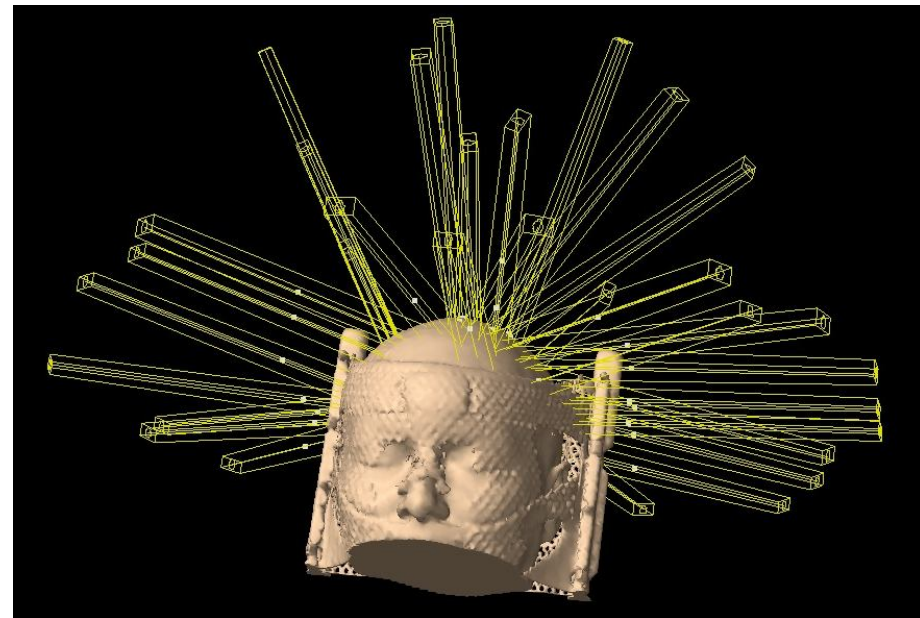
GammaKnife<sup>3</sup>

- 1 varian.com
- 2 accuracy.com
- 3 elekta.com

## LINAC: klassisch für jede Metastase ein Isozentrum

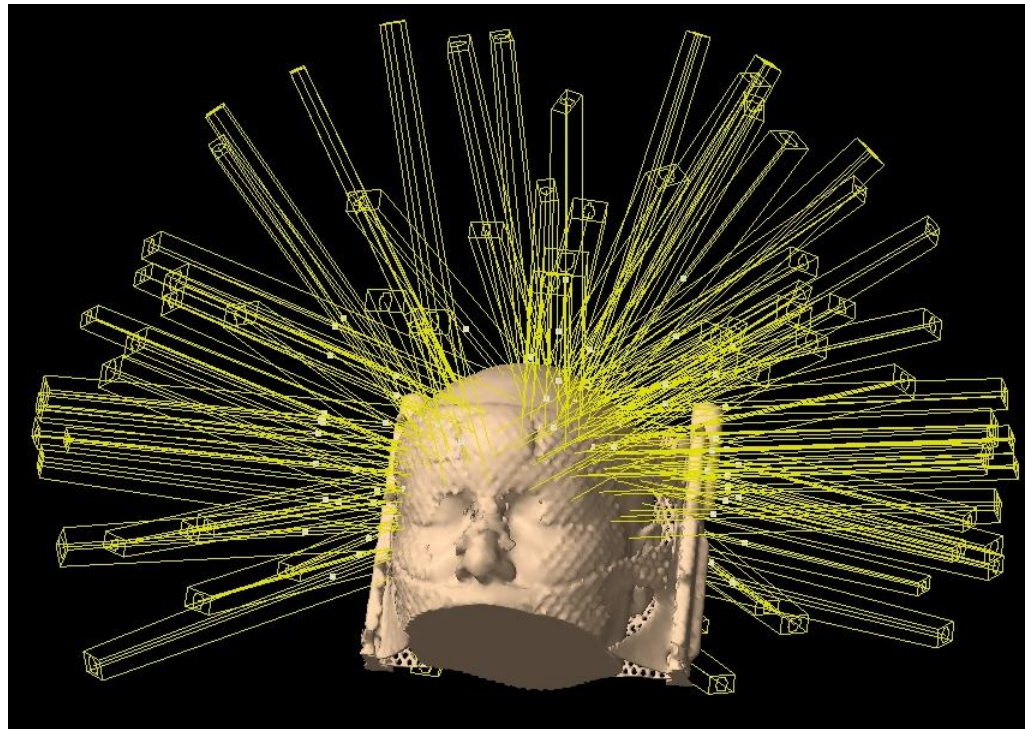


1 Metastase, 1 Plan, 11 Felder



3 Metastase, 3 Pläne, 33 Felder

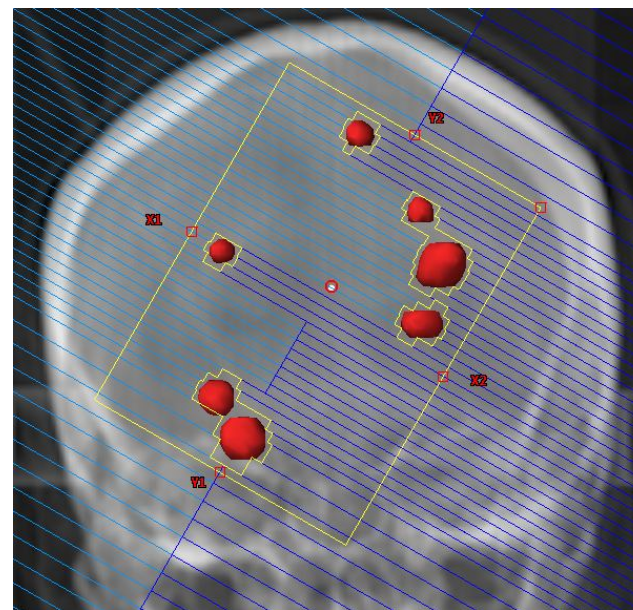
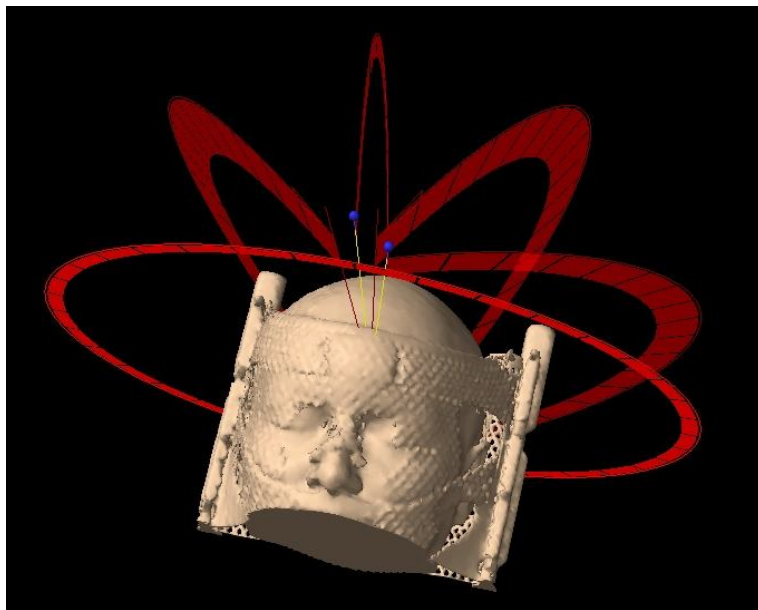
- Behandlung multipler Metastasen mit multiplen Isozentren:  
Planung komplex, zeitaufwendig
- 3D-CRT, IMRT, VMAT, dynamic konformal Arcs, ...



3D-CRT, 7 Metastasen, 7 Pläne, 77Felder



- Behandlung multipler Metastasen mit einem Isozentrum
- VMAT, dynamic konformal Arcs, ...



VMAT, mono-isozentrisch, non-coplanare Arcs

# Qualitätskriterien

Mono-isozentrische Radiochirurgie von multiplen  
Hirnmetastasen

Worauf muss man achten, was sind Vorteile, was Nachteile?

=> Qualitätskriterien?

# Qualitätskriterien

ACTA ONCOLOGICA  
<https://doi.org/10.1080/0284186X.2019.1633016>




Taylor & Francis  
Taylor & Francis Group

REVIEW



## LINAC based stereotactic radiosurgery for multiple brain metastases: guidance for clinical implementation

Dianne Hartgerink<sup>a</sup>, Ans Swinnen<sup>a</sup>, David Roberge<sup>b</sup>, Alan Nichol<sup>b</sup> , Piotr Zygmanski<sup>c</sup>, Fang-Fang Yin<sup>d</sup>, François Deblois<sup>b</sup>, Coen Hurkmans<sup>e</sup>, Chin Loon Ong<sup>f</sup>, Anna Bruynzeel<sup>g</sup>, Ayal Aizer<sup>c</sup>, John Fiveash<sup>h</sup>, John Kirckpatrick<sup>c</sup>, Matthias Guckenberger<sup>i</sup>, Nicolaus Andratschke<sup>i</sup>, Dirk de Ruyscher<sup>a</sup>, Richard Popple<sup>h</sup> and Jaap Zindler<sup>a,j,k</sup>

<sup>a</sup>Department of Radiation Oncology (MAASTRO), GROW School for Oncology and Developmental Biology, Maastricht University Medical Center, Maastricht, The Netherlands; <sup>b</sup>Department of Radiation Oncology, CHUM, Montreal, QC, Canada; <sup>c</sup>Brigham and Women's Hospital, Dana Farber Cancer Institute and Harvard Medical School, Boston, Massachusetts, USA; <sup>d</sup>Department of Radiation Oncology, Duke University Medical Center, Durham, North Carolina, USA; <sup>e</sup>Department of Radiation Oncology, Catharina Hospital, Eindhoven, The Netherlands; <sup>f</sup>Department of Radiation Oncology, HagaZiekenhuis, Den Haag, The Netherlands; <sup>g</sup>Department of Radiotherapy, Cancer Center Amsterdam, VU University medical center, Amsterdam, The Netherlands; <sup>h</sup>Department of Radiation Oncology, University of Alabama at Birmingham, Birmingham, Alabama, USA; <sup>i</sup>Department of Radiation Oncology, University Hospital Zürich, Zürich, Switzerland; <sup>j</sup>Department of Radiation Oncology, Erasmus MC, Rotterdam, The Netherlands; <sup>k</sup>Holland Proton Therapy Center, Delft, The Netherlands



# Qualitätskriterien

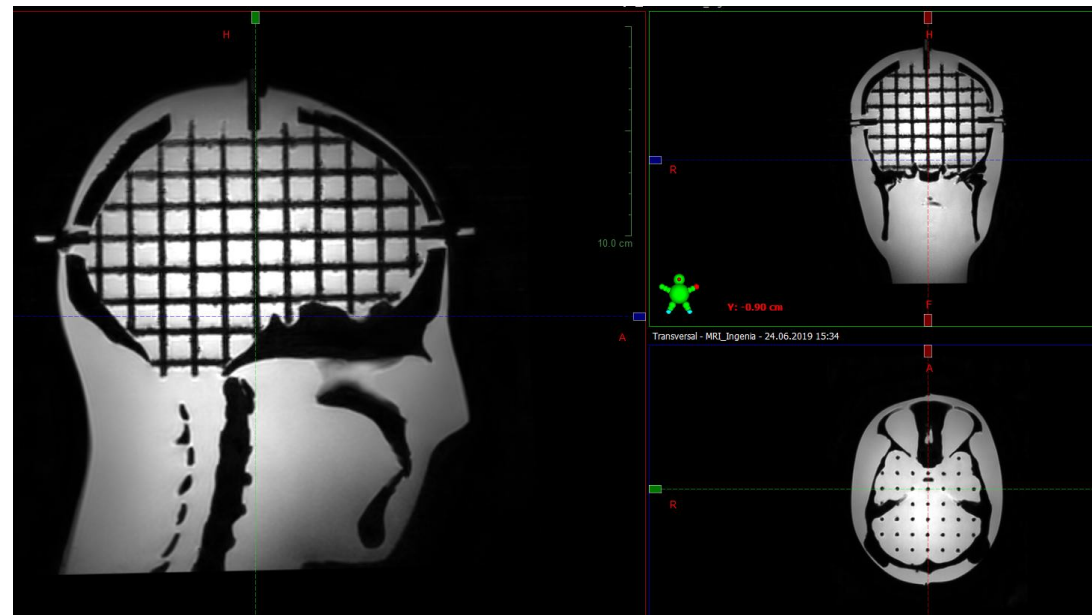
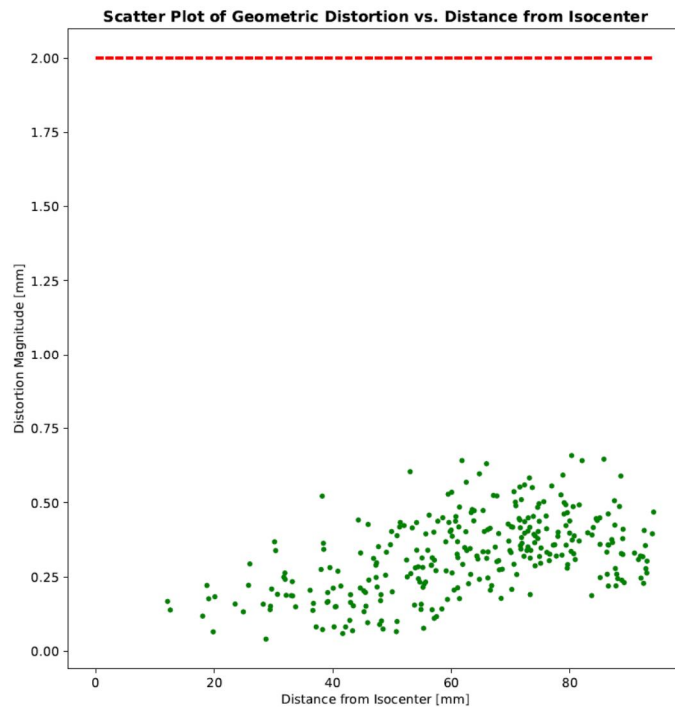
## Qualitätskriterien für SRS\*:

- Patientenselektion
- diagnostische Bildgebung
- Planungs-CT
- Zielvolumendefinition / Margins
- OAR Konturierung
- Dosisverschreibung / Auswertung
- Patientenlagerung / Verifikation (CBCT, x-ray)
- Verschiebungen / Rotationen (Robotic couch, 6DoF)
- QA / End-to-End Test

\* Kocher M et al. Strahlenther Onkol. 2014;190(6):521–32.  
Konsensus Empfehlung der DEGRO AG Stereotaxie

# MRT- Distortionen

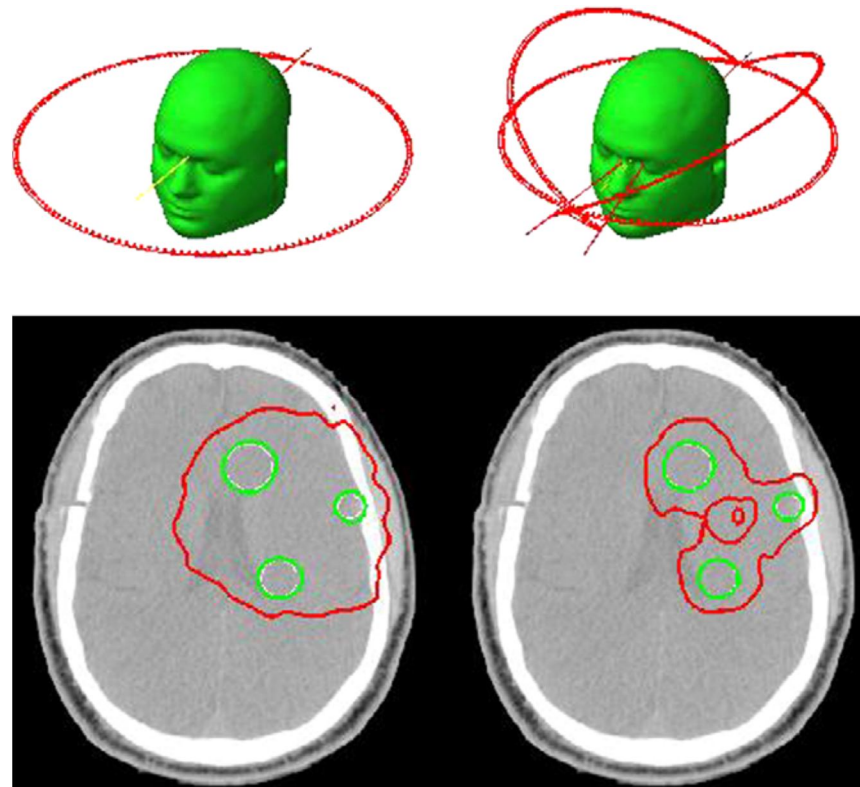
z.B. durch  $B_0$ -Inhomogenitäten, Suszeptibilitätsunterschiede, ...  
=> reduzieren, Ungenauigkeiten kennen



CIRS - MRI distortion phantom for SRS

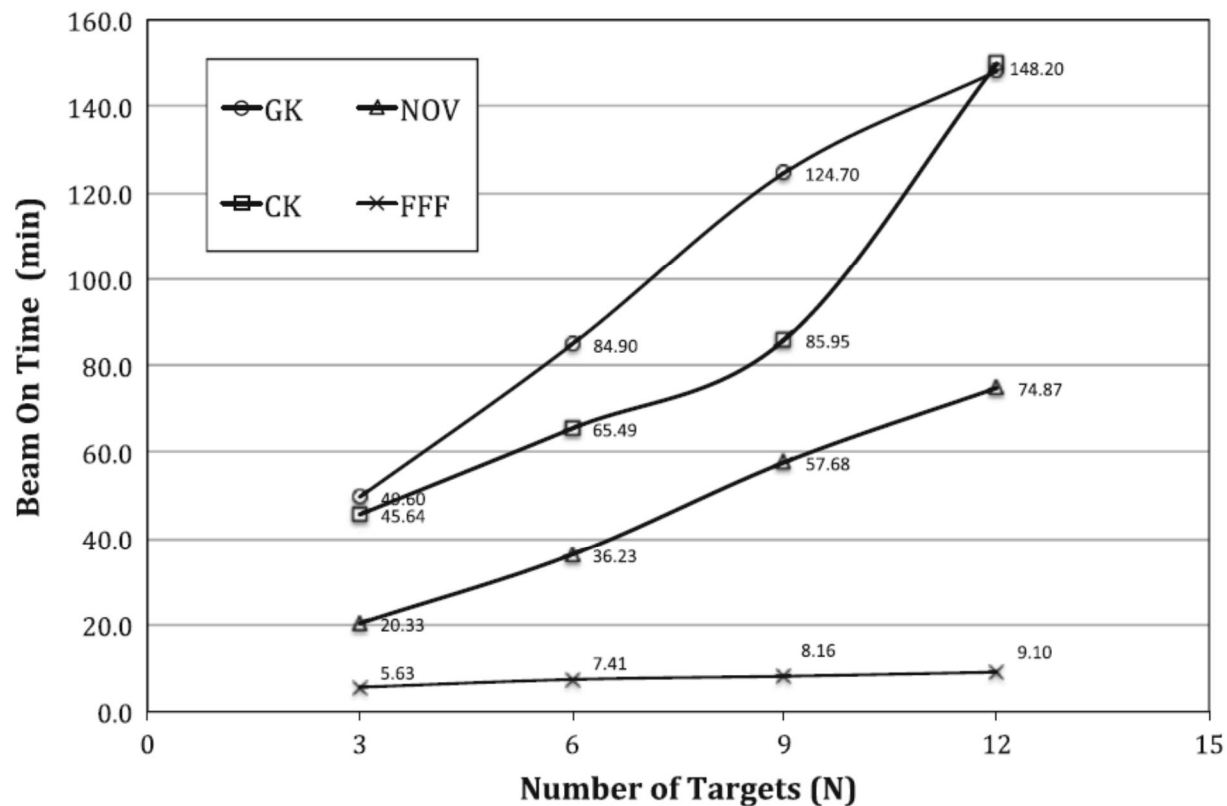
# Bestrahlungsplanung

VMAT mono-isozentrisch: coplanar vs. non-coplanar bei multiplen Metastasen



# Bestrahlungsplanung

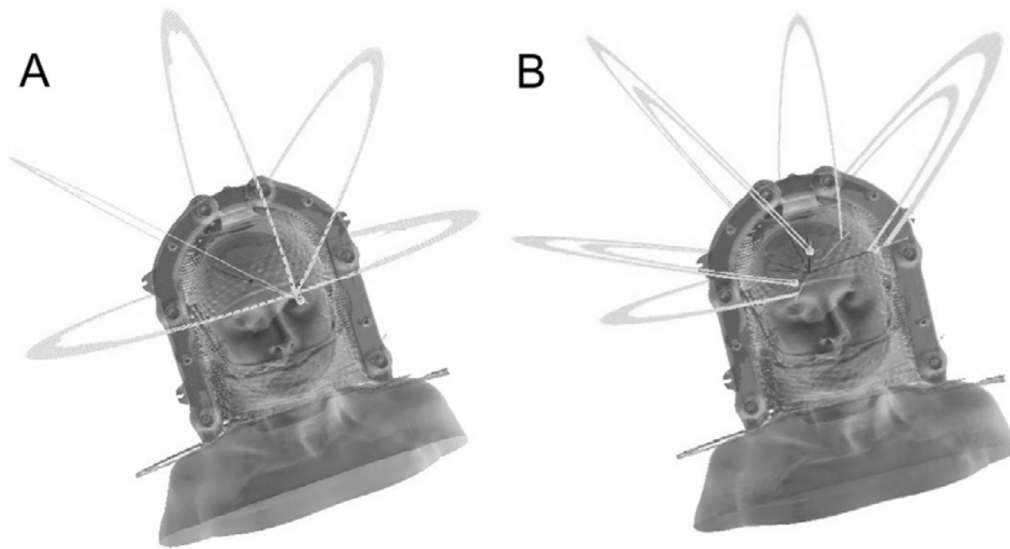
kurze Bestrahlungszeit für mono-isozentrische VMAT



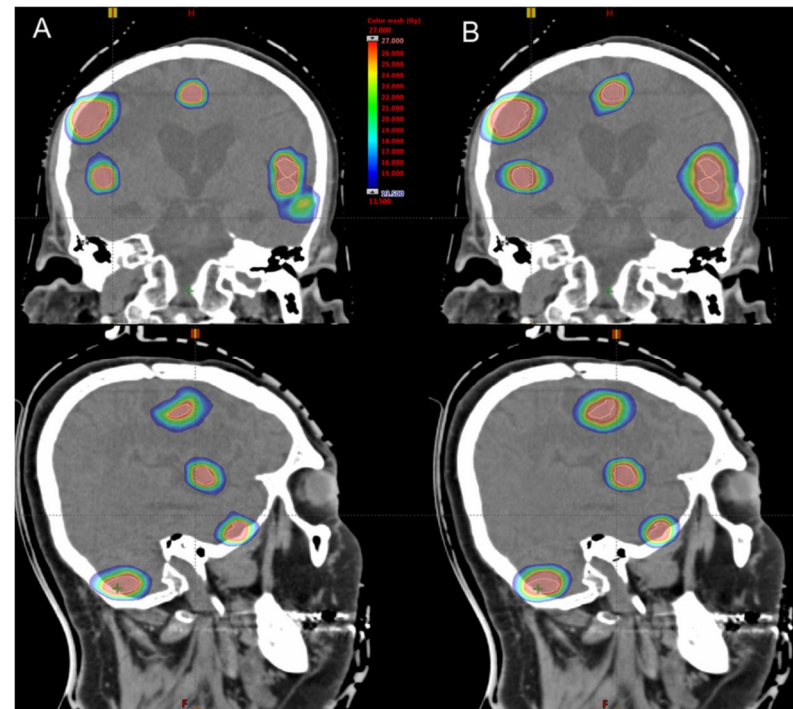
True Beam FFF (1200MU/min) ca. 6-9 min

# Bestrahlungsplanung

- spezielle Optimierungsmodule: HyperArc, Multiple Brain Mets, Monaco-HDRS
- Techniken: VMAT, Dynamic Conformal Arc



=> nahezu gleiche Planqualität





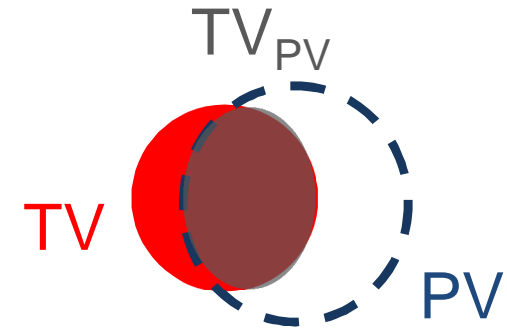
# Dosis

## Dosimetrische Planqualität

- Dosisverschreibung (ICRU 83/91)
- GTV/CTV/PTV:  
near minimum dose ( $D_{98\%}$  oder  $D_{V-35\text{mm}^3}$ ), near maximum dose ( $D_{2\%}$  oder  $D_{35\text{mm}^3}$ ),  $D_{\text{median}}$
- OAR Dosis:  
 $D_{\text{max}}$  ( $D_{35\text{mm}^3}$ ): Hirnstamm, Chiasma, Sehnerven, Linsen ...
- Gehirndosis:  $V_{12\text{Gy}}$  (Brain-GTVs),  $D_{\text{mean}}$

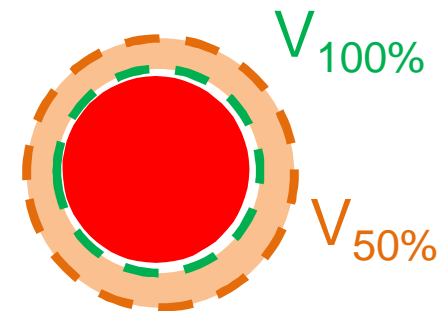
## Indizes

- Konformitätsindex:  $CI = TV / PV$



- Paddick Index:  $CI_{\text{Paddick}} = (TV_{\text{PV}})^2 / TV * PV$

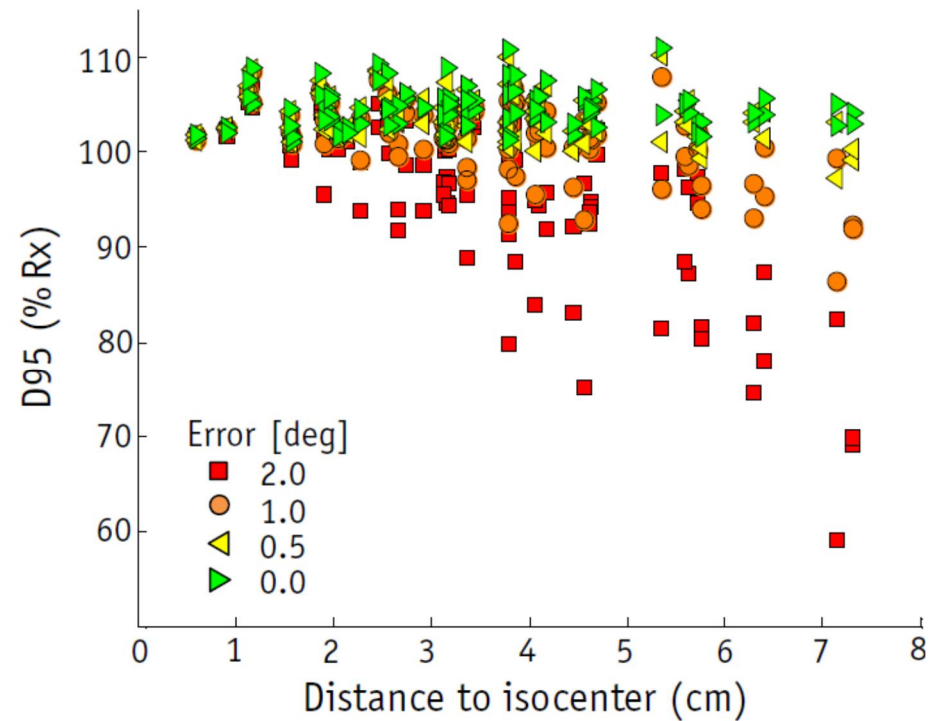
- Gradientenindex:  $GI = V_{100\%} / V_{50\%}$



PV: prescription volume, TV: target volume,  $TV_{\text{PV}}$ : target volume within prescription dose

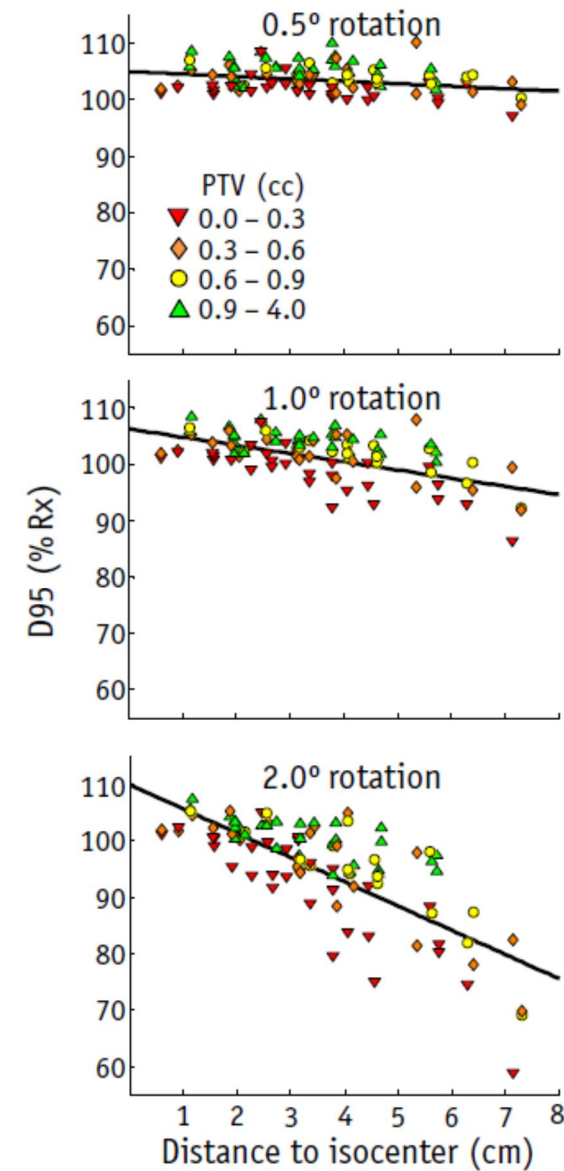
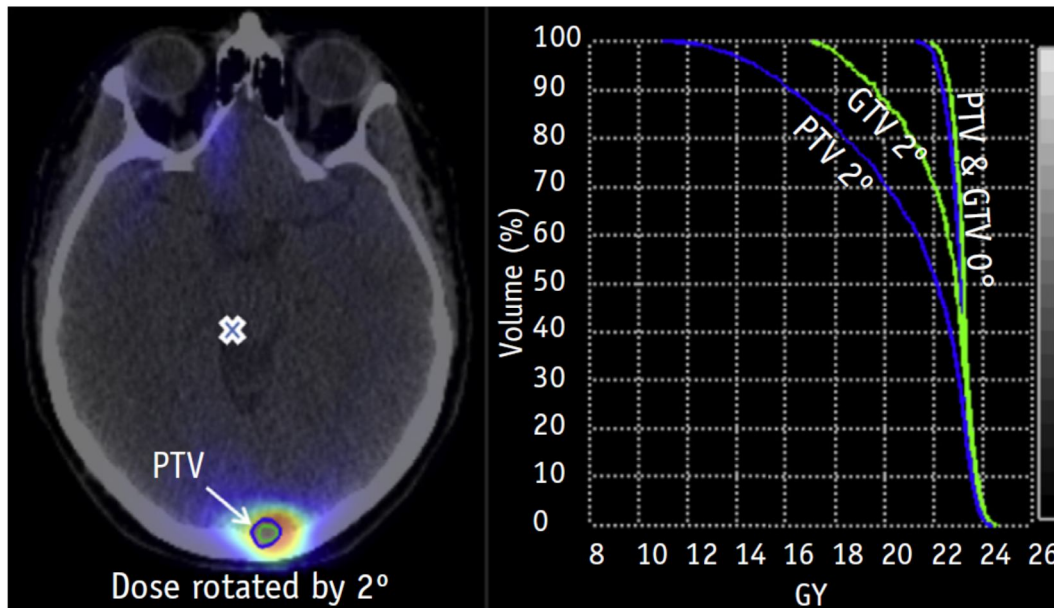
# Rotationsfehler

## Effekte von Rotationsfehlern (Simulation)



50 Patienten mit je 2 Läsionen

# Rotationsfehler



# Qualitätssicherung

## Mindeststandards für technische Ausstattung und Qualitätssicherung bei SRS\*

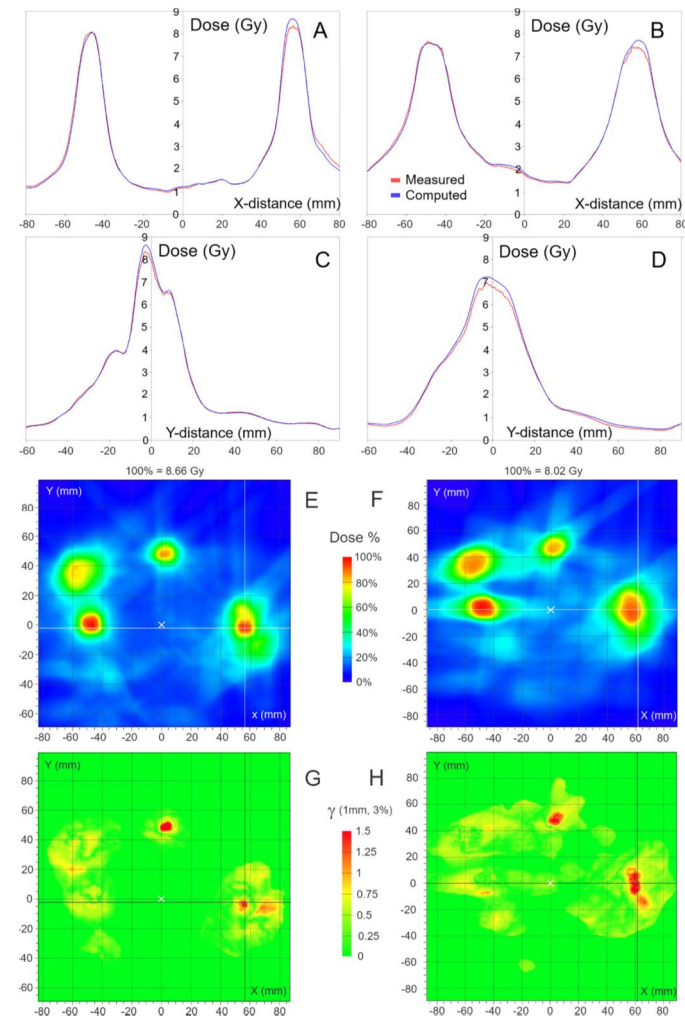
- Maschine-QA
- Bildgebung
- Patienten-QA
- End-to-End Test

\* Klein EE, et al. Task Group 142 report. Med Phys. 2009;36:4197–4212.  
Halvorsen PH J Appl Clin Med Phys 2017;18:5:10-21.



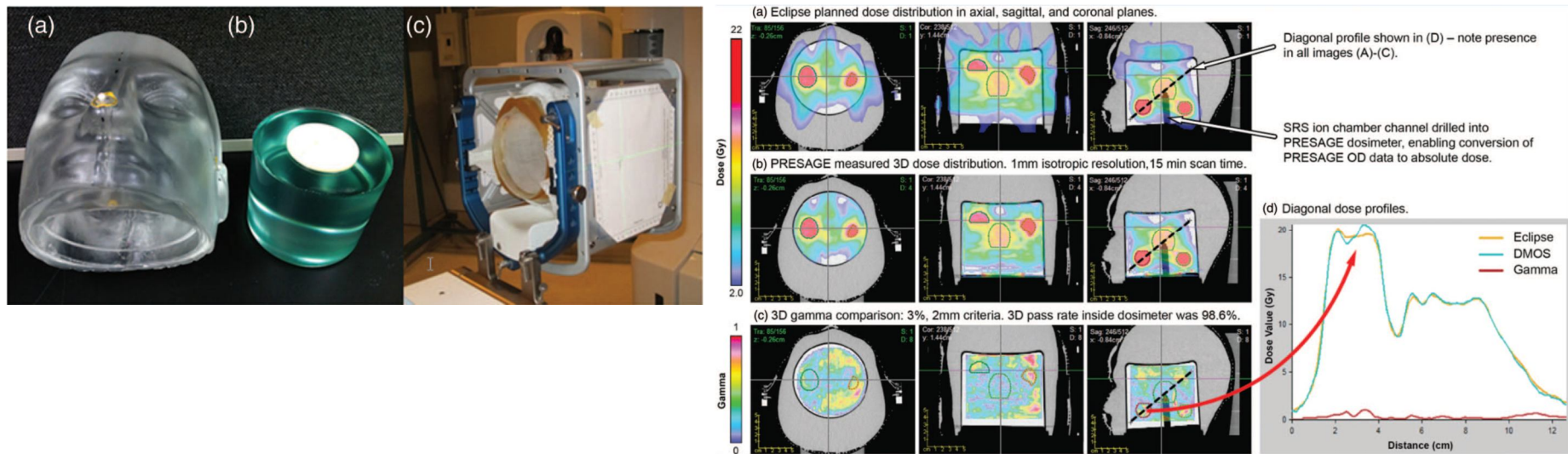
# QA Messungen

## Filmdosimetrie QA



# QA Messungen

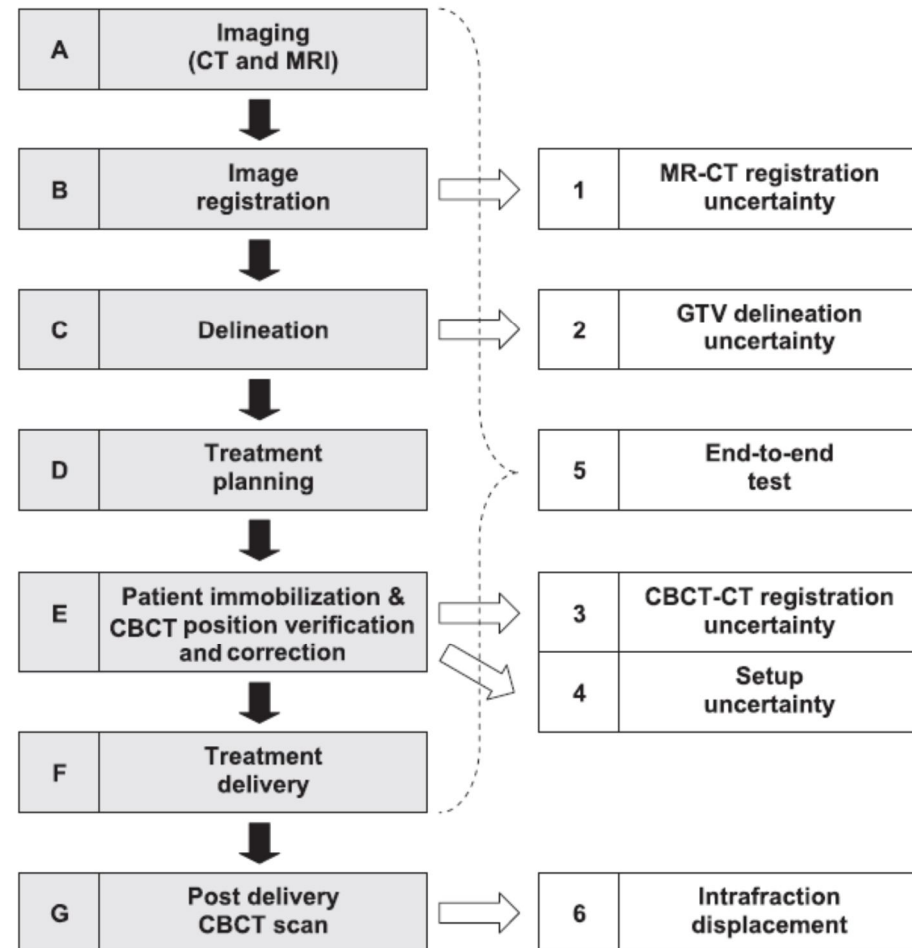
## 3D Plan-QA, mono-isozentrische VMAT multipler Metastasen:



# QA Messungen

End-to-End Test für rahmenlose, intrakranielle Stereotaxie:

- mono-isozentrische VMAT
- 1-3 Targets



# QA Messungen

## Empfehlungen für QA Messungen und Ausstattung

**Table 3.** Examples of the QA measures [48].

Radiation equipment	LINAC equipped with MLC (2.5 mm–5 mm) <sup>a</sup>
Mechanical tests	Winston-Lutz based test to verify the couch rotation <sup>a</sup>
Phantom	Anthropomorphic Rando Alderson phantom Phantom which capability to measure dose distributions with a sub-millimeter resolution <sup>b</sup>
Dosimetry measurement/phantoms	Radiochromic film dosimetry (Figure 2) or Dose Guided RadioTherapy using EPID <sup>a</sup> [49] Small field dosimetry detector <sup>b</sup> Rotational phantom with small field dosimetry detector <sup>b</sup>
Treatment planning system	A type B dose calculation algorithm. <sup>a</sup> [50] Knowledge of small field uncertainties of the TPS <sup>b</sup> [51]
Analysis method	Gamma analysis and point dose difference. <sup>a</sup> The mm criterion should not be larger than the CTV to PTV margin used unless when a 0 mm margin is used. Then, a 1 mm margin within the gamma evaluation is advised.
Other	Robotic 6DoF couch IGRT (kV-CBCT, kV-kV images) <sup>a</sup> Imaging (MV, KV, or surface tracking) during set-up and treatment in case non-coplanar beams are used. <sup>a</sup>
Departmental QM	Quality management system <sup>a</sup> [28]
Patient specific QA	Pre-treatment verification with film dosimetry <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Highly recommended.

<sup>b</sup>Optional.

# Zusammenfassung

- Tendenz zur Behandlung multipler Hirnmetastasen mit SRS
- Mono-isozentrische Bestrahlung mit VMAT (DCAT) ist zeiteffiziente Behandlungsoption
- Vergleichbare Planqualität zu anderen Verfahren
- Qualitätskriterien notwendig um eine zuverlässige Behandlung zu gewährleisten



