

Hochpräzisionsbestrahlung am Cyberknife

Sonja Bédert, Klinik für Radio-Onkologie, Inselspital Bern

P. H. Mackeprang, D. Schmidhalter, Abteilung für Medizinische Strahlenphysik, Inselspital Bern

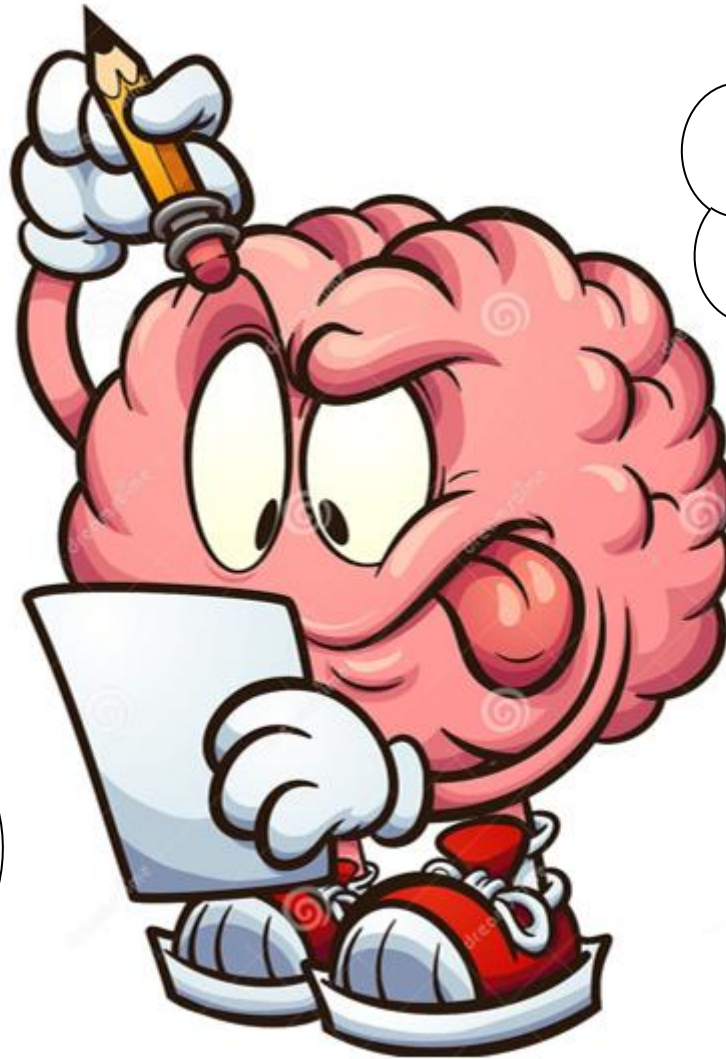
 **INSELSPITAL**

UNIVERSITÄTSSPITAL BERN
HOPITAL UNIVERSITAIRE DE BERNE
BERN UNIVERSITY HOSPITAL



Visualisierung Masterplan Inselspital, 2023

Stereotaxie?
Kenn ich
schon!



Warum *schon*
wieder was über
den «Cyberknife»?

Es gibt auch
andere Geräte, die
Hochpräzisions-
bestrahlungen
machen!

Was läuft
eigentlich grad
so Netflix?

Das Cyberknife

- Was ist Stereotaxie / SRS / SRT / SBRT?
- Geschichte
- Technik
- Anwendungsbereiche + Fallbeispiele aus Inselspital
- Patientenzahlen

Das Cyberknife

- **Was ist Stereotaxie / SRS / SRT / SBRT?**
- Geschichte
- Technik
- Anwendungsbereiche + Fallbeispiele aus Inselspital
- Patientenzahlen

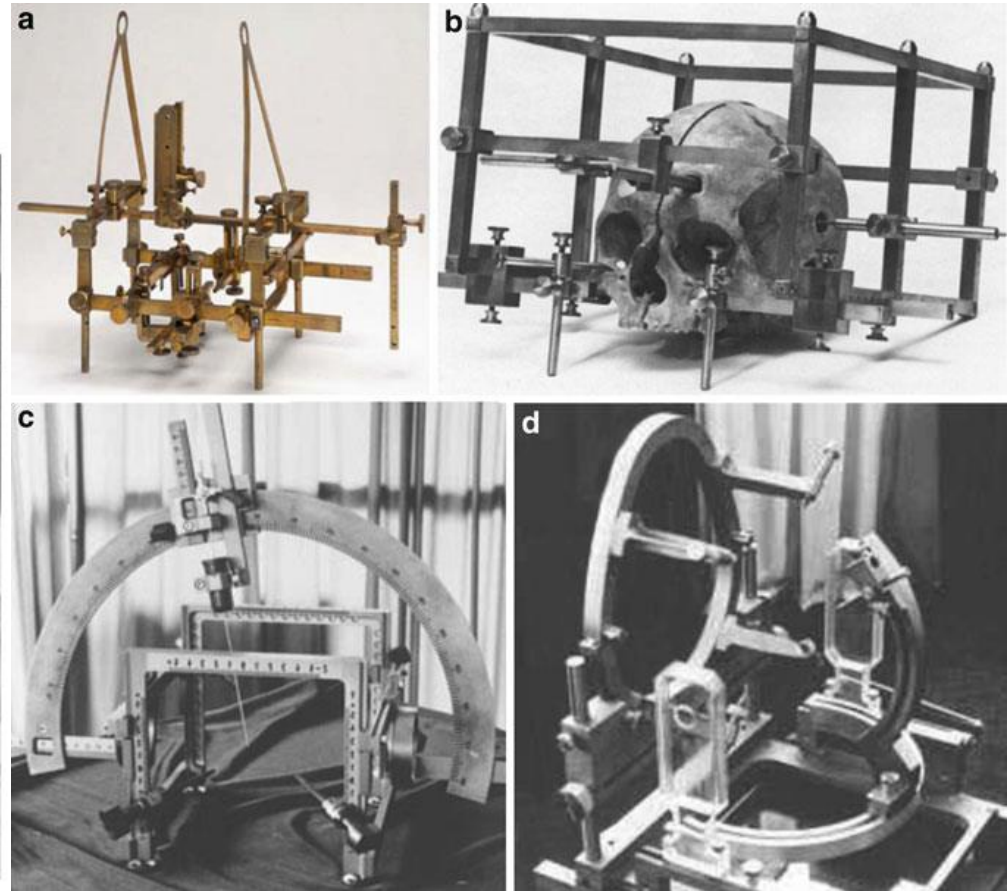
- Was ist Stereotaxie / SRS / SRT / SBRT?

στερεός *stereós* „hart, starr“ und
τάξις *táxis* „Anordnung, Einrichtung“

- Koordinatensystem fixiert zum Patienten
- Geometrische Berechnung des Eingriffsorts
- Radiochirurgie ab 1958

- Was ist Stereotaxie / SRS / SRT / SBRT?

Zuerst mit Protonen!

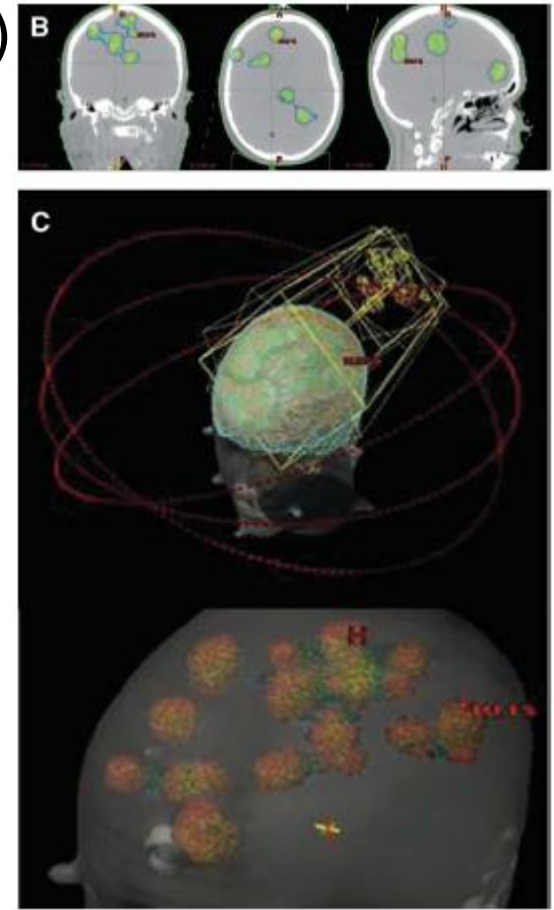


Chung, HAT 2008: Introduction to Radiosurgery , Elekta AB, Stokholm, Sweden / Solberg TD 2012:

- Was ist Stereotaxie / SRS / SRT / SBRT?
- SRS = **S**tereotactic **R**adio**S**urgery
(dt. = Stereotaktische Einzeitbestrahlung)
- Invasiver Rahmen für die Koordination,
bis ca. 2008, limitiert auf den Kopf



Lozano AM 2009: History of stereotactic neurosurgery in the nordic countries



Adler JR Jr. 2013: The future of robotics in radiosurgery

- **Was ist Stereotaxie / SRS / SRT / SBRT?**
- Bsp. aus unserer Klinik (2010)
- Implantation des Rahmens in Neurochirurgie (am Morgen)
- Im Verlauf des Tages MRI, Planungs-CT, Planung der RT und Bestrahlung am Abend (Behandlungszeit = 1h + +)



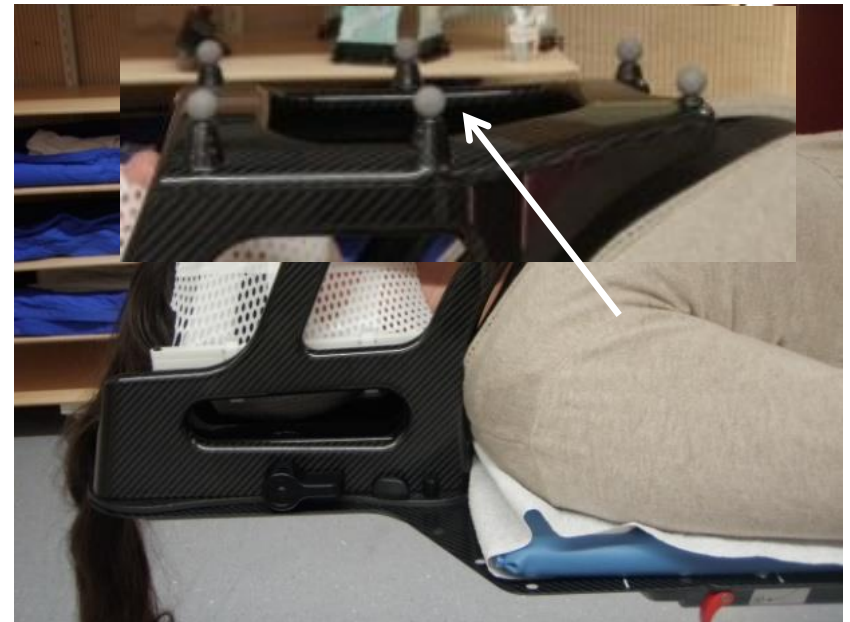
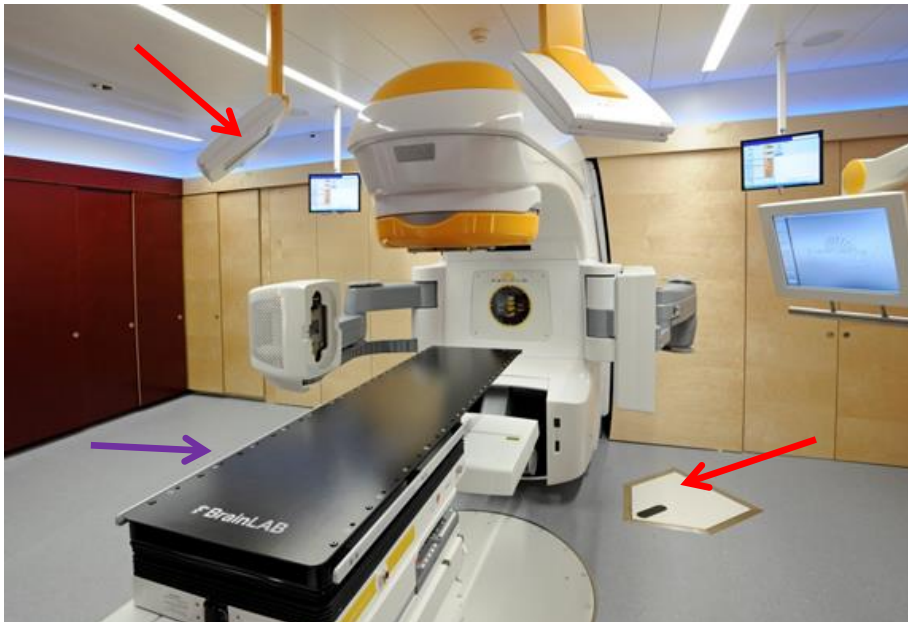
Implantation



Einstellung der Koordinaten

- **Was ist Stereotaxie / SRS / SRT / SBRT?**

- Das erste System für die rahmenlose (frameless) SRS = 2008 Novalis TX
- 1. Mal = techn. Möglichkeit nicht nur die Koordinaten einzustellen, sondern diese zusätzlich mit **Bildgebung** zu kontrollieren und mit **6D-Couch** zu korrigieren



- Was ist Stereotaxie / SRS / SRT / SBRT?



- Das erste System für die rahmenlose (frameless) SRS ermöglicht Fraktionierung der Stereotaxie = SRT (**S**tereotactic **R**adiation **T**herapy)

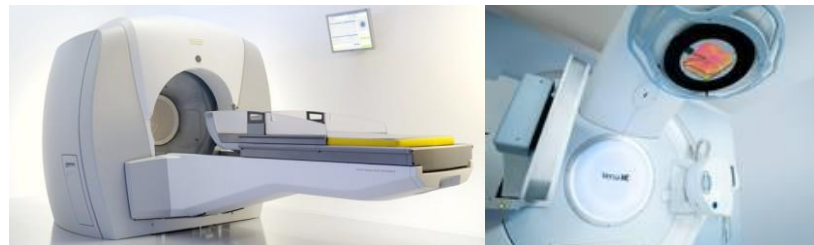


- **Was ist Stereotaxie / SRS / SRT / SBRT ?**
- **Stereotactic Body Radiation Therapy (SBRT)**
- Anwendung des Stereotaxie-Konzepts auf den ganzen Körper
- Rahmen nicht tauglich -> Immobilisation indexiertem Vakuumkissen



- **Was ist Stereotaxie / SRS / SRT / SBRT?**
Systeme für die stereotaktische Bestrahlung

- Elekta Gammaknife
- Elekta Versa HD



- Accuray Cyberknife
- Accuray TomoTherapy



- BrainLab Vero
- BrainLab/Varian Novalis TX



- Varian Truebeam TX



Das Cyberknife

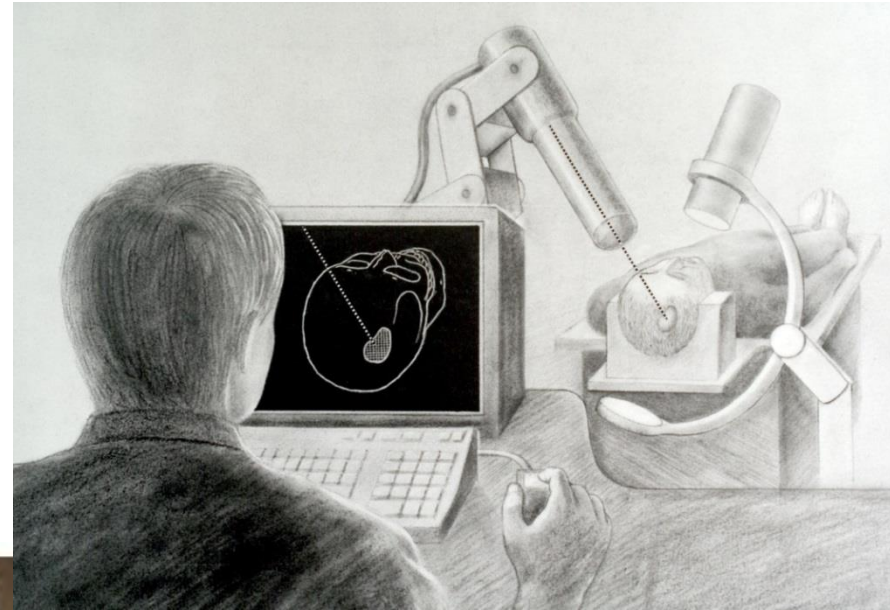
- **Was ist Stereotaxie / SRS / SRT / SBRT?**
- Geschichte
- Technik
- Anwendungsbereiche + Fallbeispiele aus Inselspital
- Patientenzahlen

Das Cyberknife

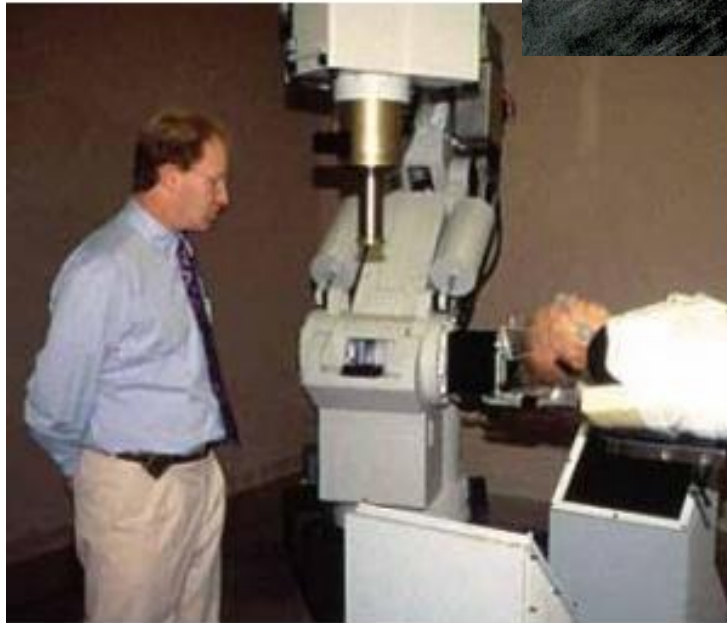
- Was ist Stereotaxie / SRS / SRT / SBRT?
- **Geschichte**
- Technik
- Anwendungsbereiche + Fallbeispiele aus Inselspital
- Patientenzahlen

Geschichte - Die Idee

- Extrakranielle Stereotaxie
- Bildgeführte Lagerung und Therapie



Dr. Ian Cowley: Cyberknife – 6D Robotic Radiosurgery



J. R. Adler treating his first patient 1994



Geschichte - Das erste Cyberknife

- 1995 in Stanford
- Bern: Zweites Cyberknife in der Schweiz (2014)
- ca. 360 Maschinen weltweit



John R. Adler 2009: Accuray, Inc.: A Neurosurgical Business Case Study



Dr. Ian Cowley: Cyberknife – 6D Robotic Radiosurgery
http://www.npl.co.uk/upload/pdf/20081201_rsug_cowley_1.pdf

Geschichte - Cyberknife M6

- Neues Design
- Neuer Roboter
- Erstmals mit Multi-Leaf-Kollimator



Accuray, Inc: Cyberknife M6 brochure, www accuray.com



http://speckdesign.com/projects/view/cyberknife_robotic_radiosurgery_system/work

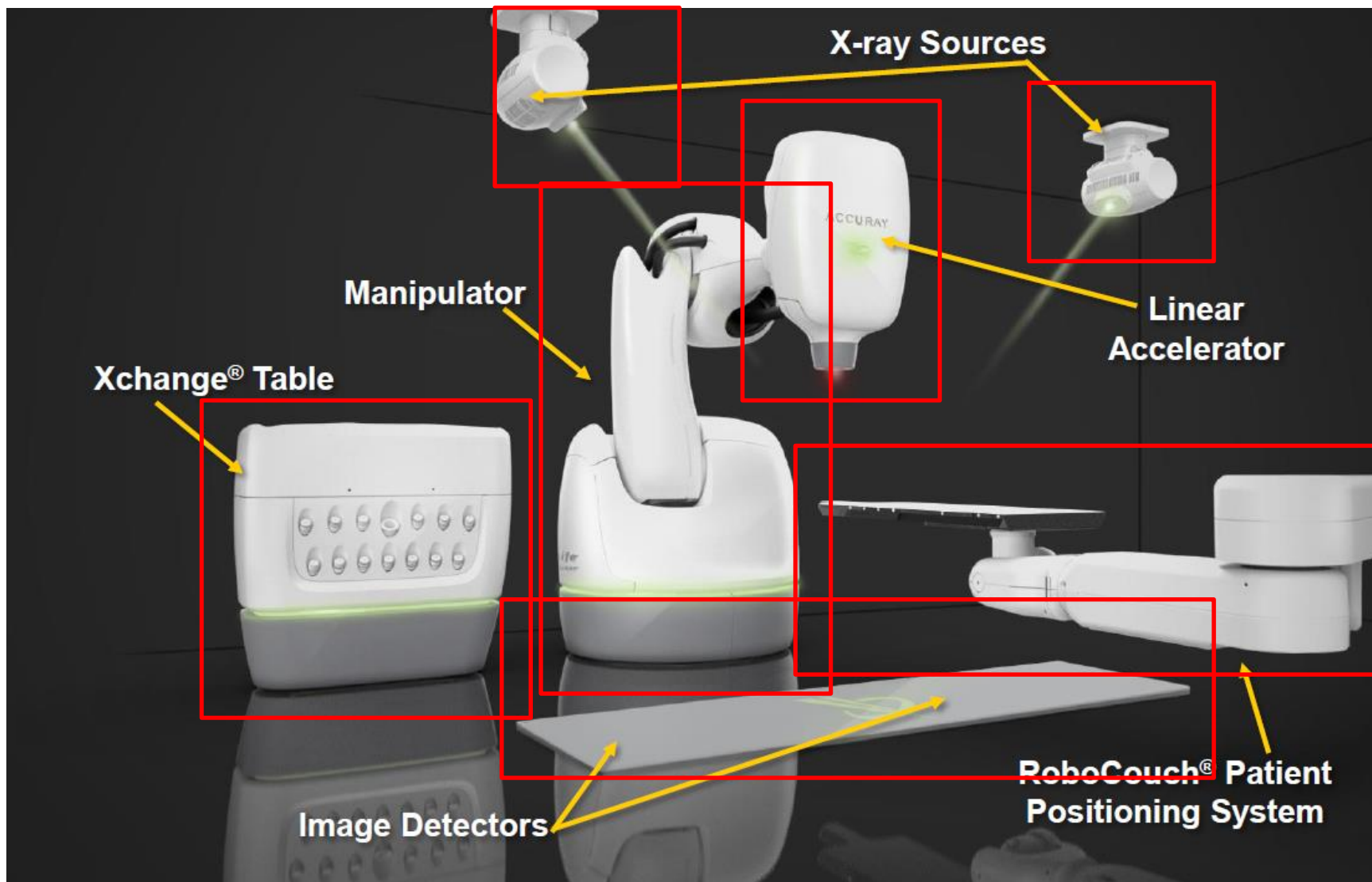
Das Cyberknife

- Was ist Stereotaxie / SRS / SRT / SBRT?
- **Geschichte**
- Technik
- Anwendungsbereiche + Fallbeispiele aus Inselspital
- Patientenzahlen

Das Cyberknife

- Was ist Stereotaxie / SRS / SRT / SBRT?
- Geschichte
- **Technik**
- Anwendungsbereiche + Fallbeispiele aus Inselspital
- Patientenzahlen

Technik - Bestandteile im RT-Raum



Technik – Installation in Bern



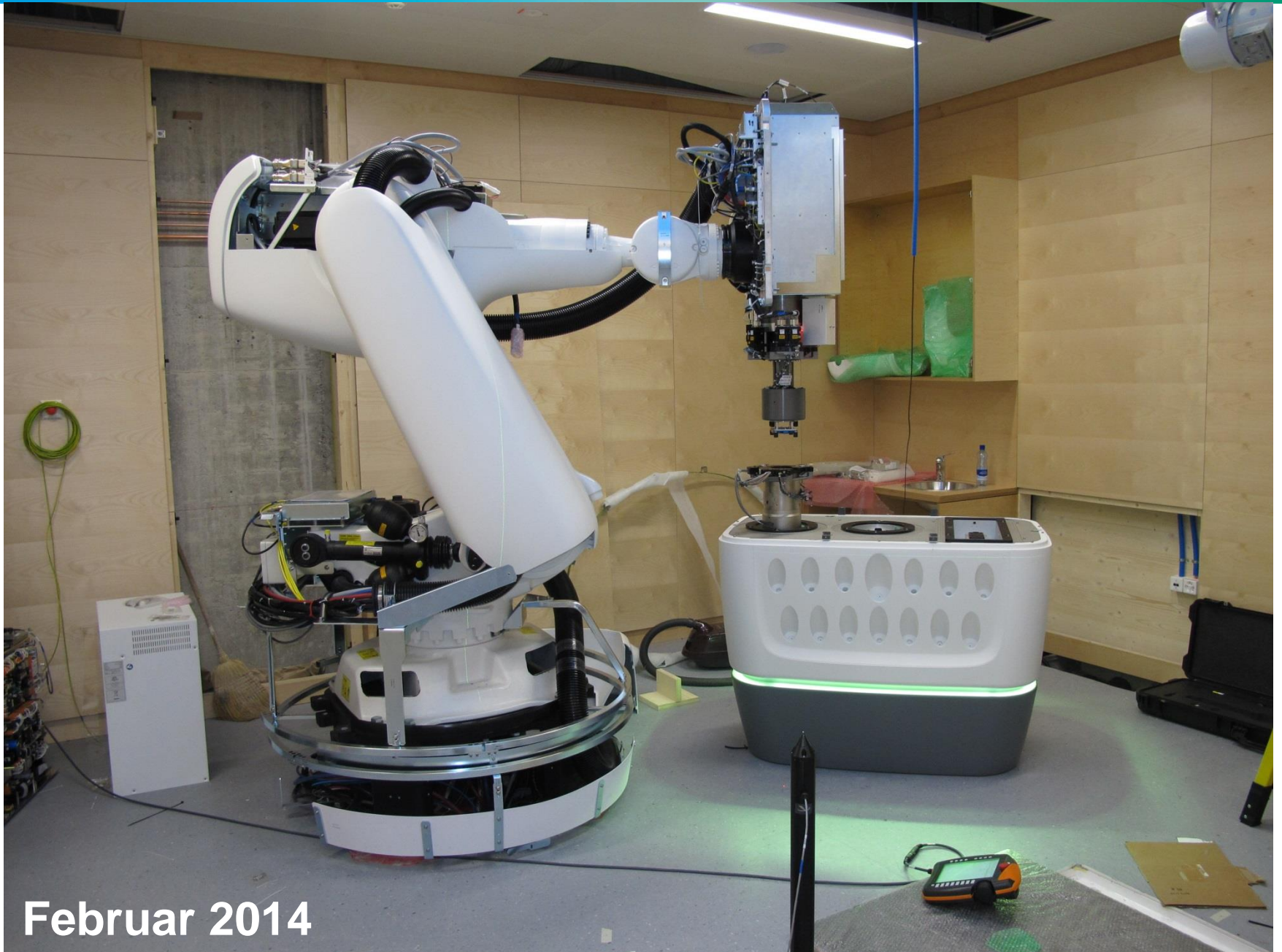
November 2013



Januar 2014



Februar 2014



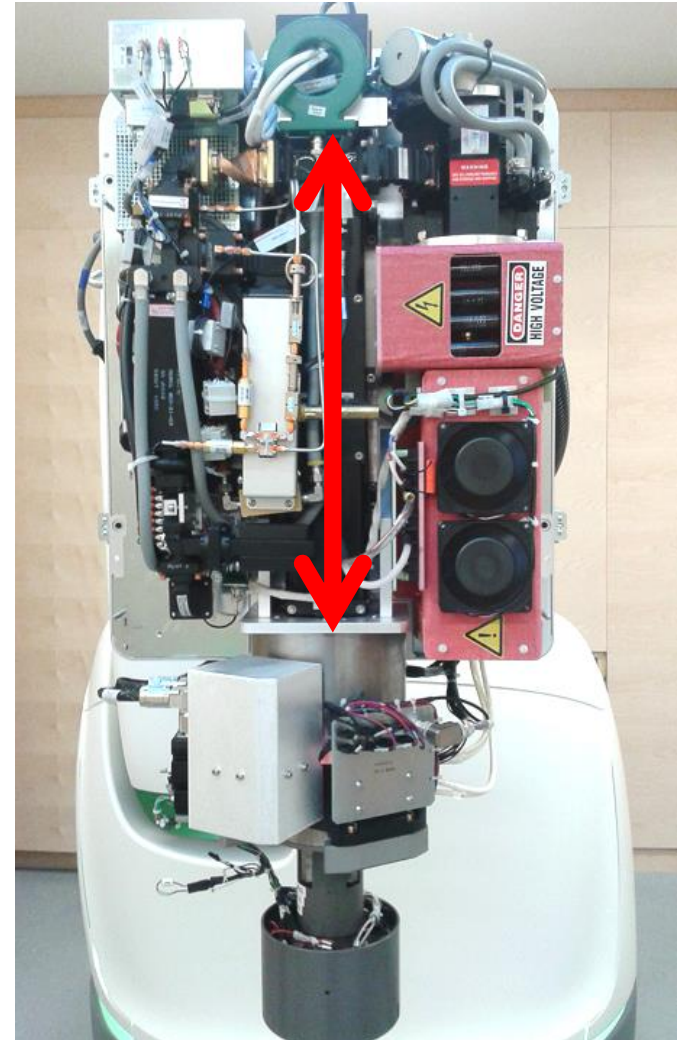
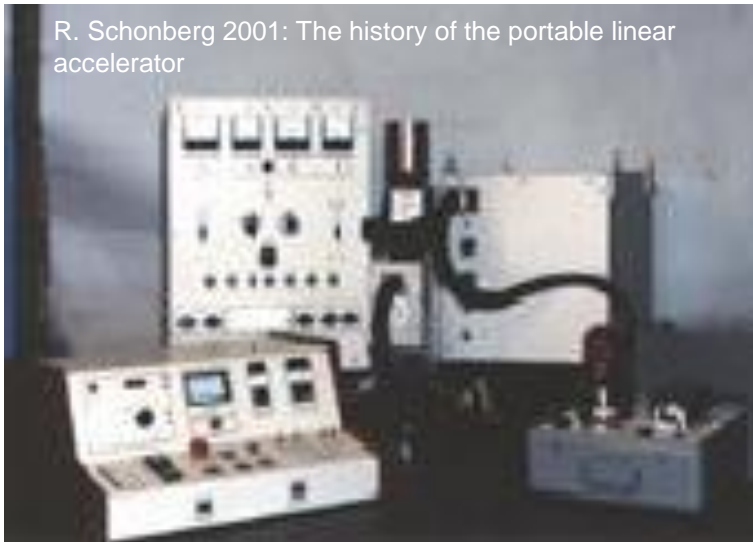
Februar 2014



19. Mai 2014

Technik

- Stehwellenbeschleuniger
- Flattening Filter Free Beams
- 6 MV
- 1000 MU/min. $\pm 10\%$



- Ursprünglich entwickelt für die Materialprüfung von Wasserleitungen in AKW

Technik - Kollimator

- Cyberknife M6 FIM
 - Fixe runde Kollimatoren mit 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50 und 60mm Feldgrösse



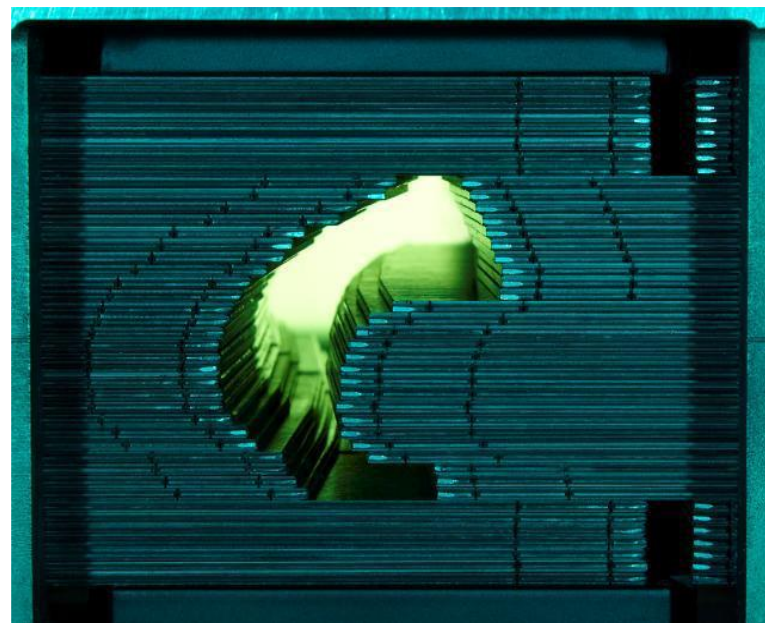
Technik - Kollimator

- Cyberknife M6

- Iris-Kollimator mit variablem Konus

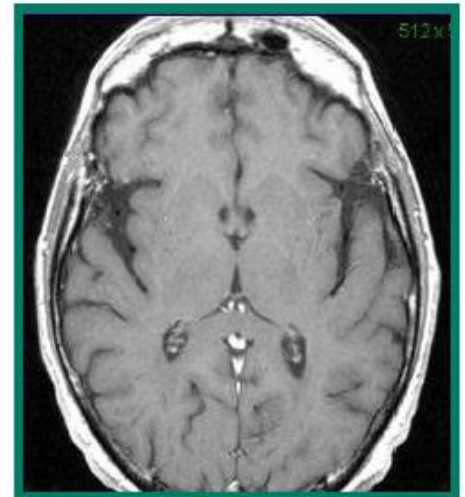
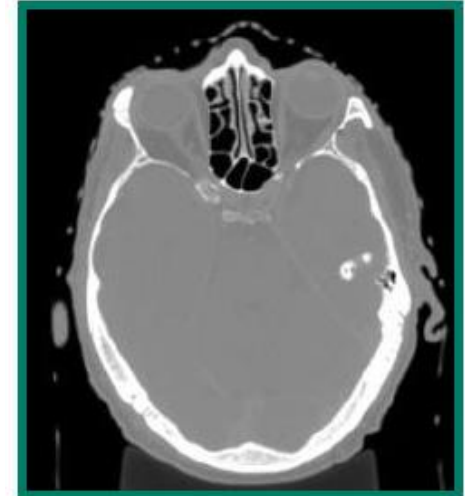


- MLC mit 2x41 leafs für 10x11cm Feldgrösse



Technik - Planungssystem

- Precision
 - Planungs-CT
 - Bestrahlungsplanung
 - Contouring der Risikoorgane sowie PTV
 - Definierung von Tracking-Optionen
 - Dosisberechnung
 - diagnostische Untersuchungen
 - Einlesen von MRI, PET, 3D-Angio (ggf. 4D-CT)



Das Cyberknife

- Was ist Stereotaxie / SRS / SRT / SBRT / rRS?
- Geschichte
- **Technik**
- Anwendungsbereiche + Fallbeispiele aus Inselspital
- Patientenzahlen

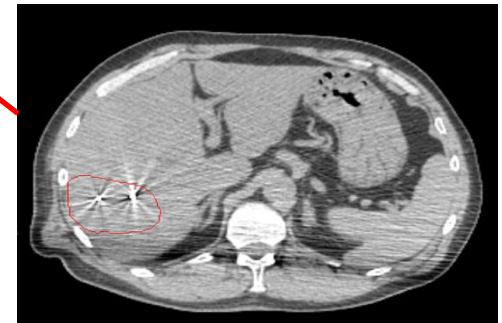
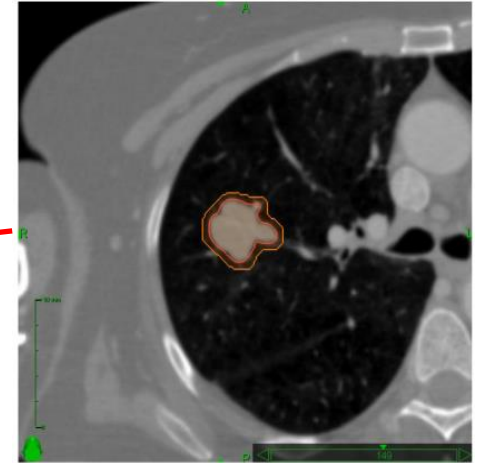
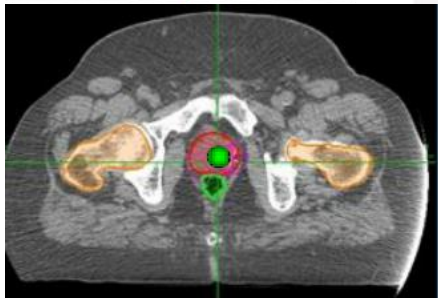
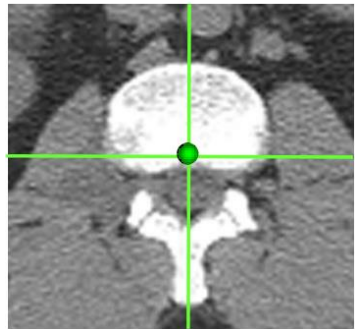
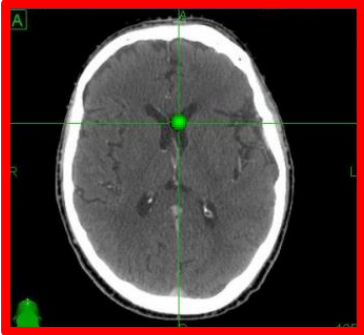
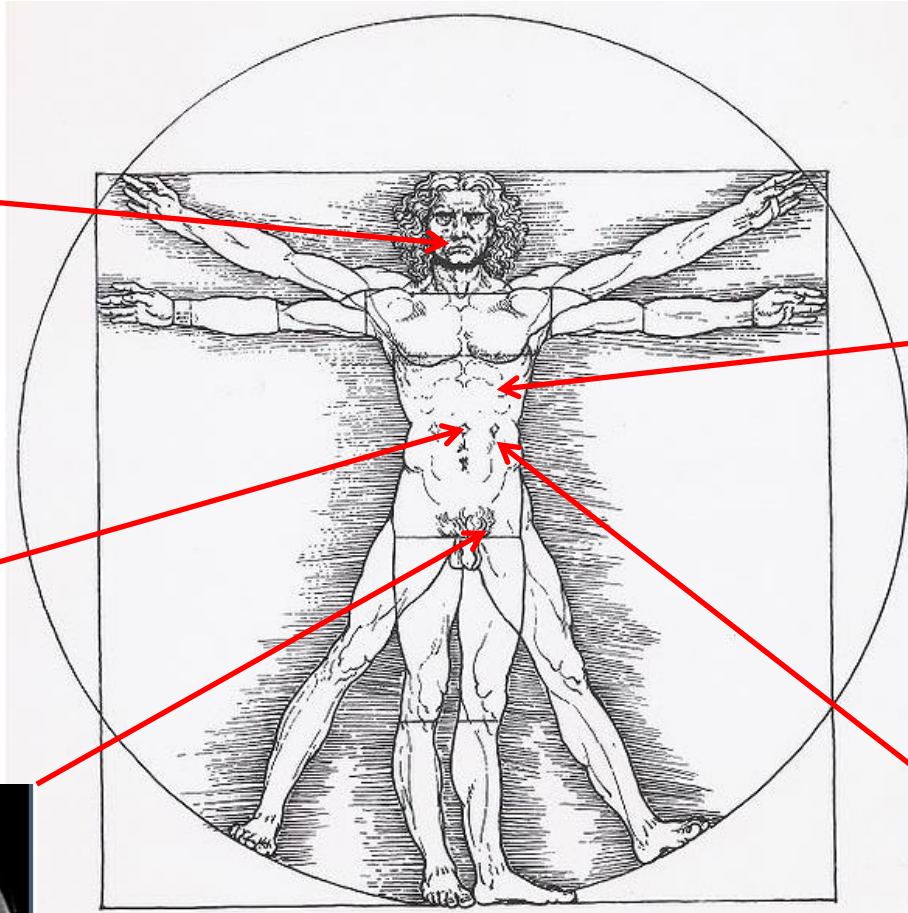
Das Cyberknife

- Was ist Stereotaxie / SRS / SRT / SBRT / rRS?
- Geschichte
- Technik
- **Anwendungsbereiche + Fallbeispiele aus Inselspital**
- Patientenzahlen

Anwendungsbereich + Fallbeispiele

Non-moving Targets

Non-moving Targets



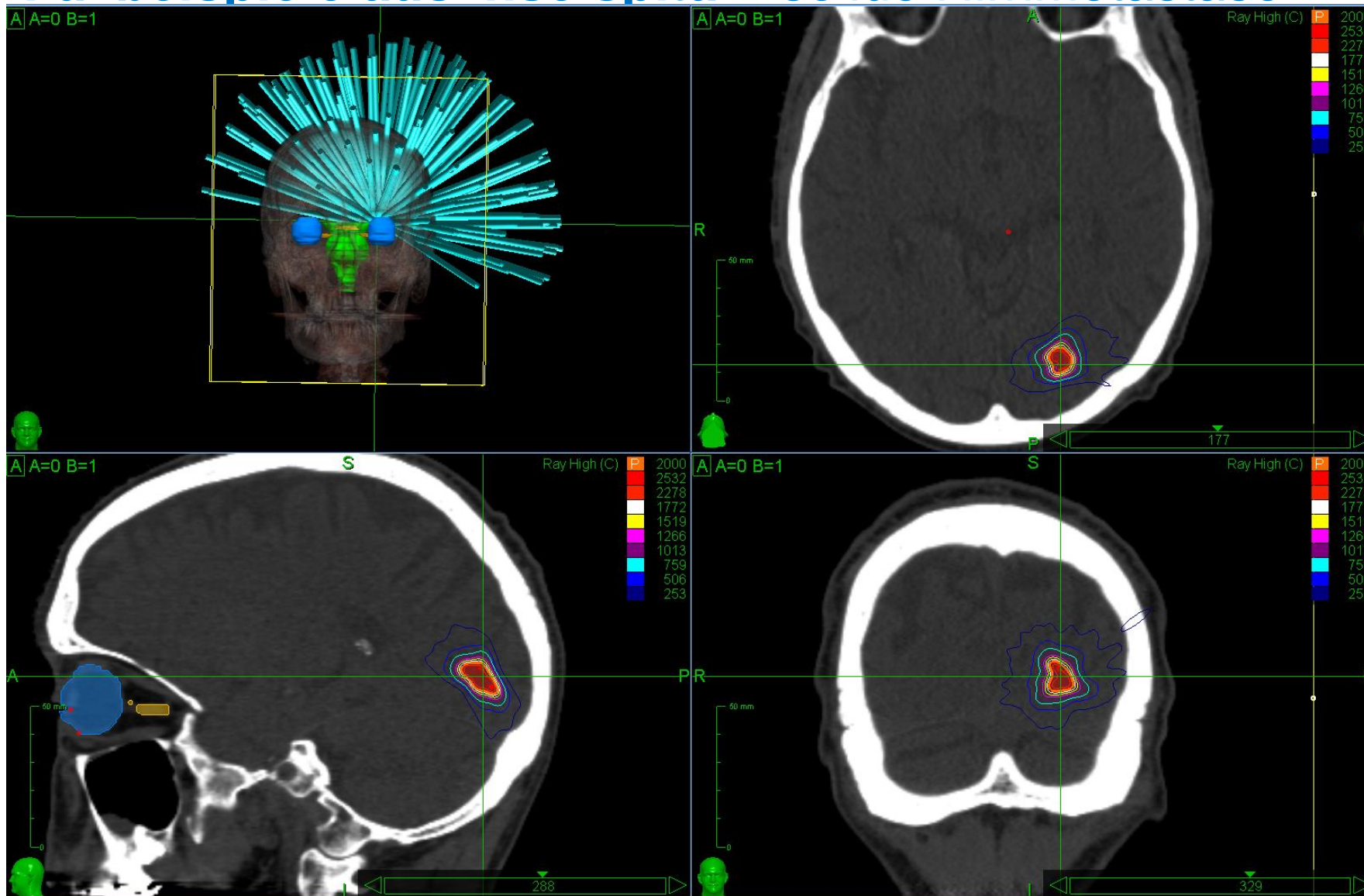
Non-moving targets

-Intrakranielle Läsionen

-Lagerung: 3-Punkt-Maske

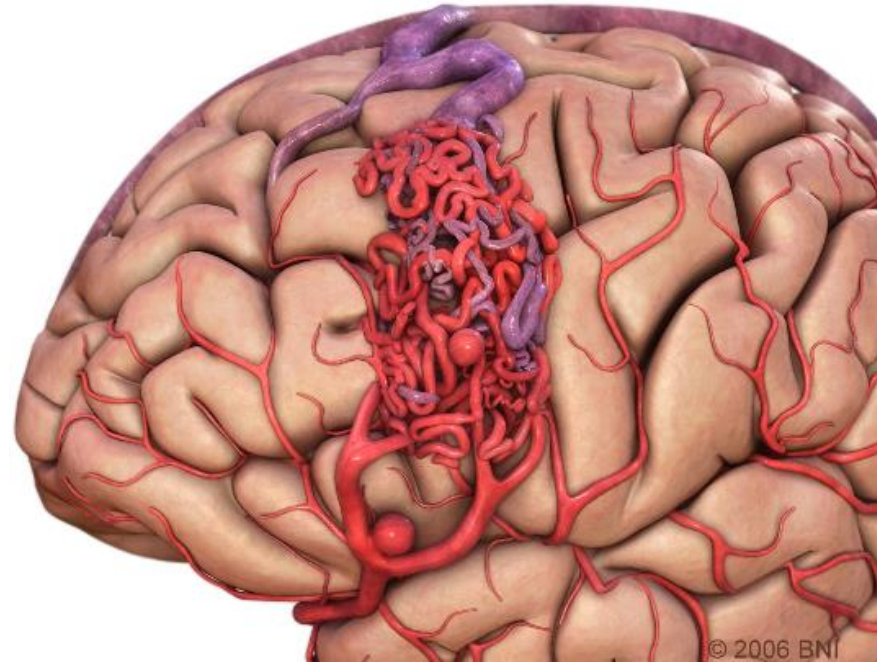


Fallbeispiele aus Inselspital - solide Hirnmetastase

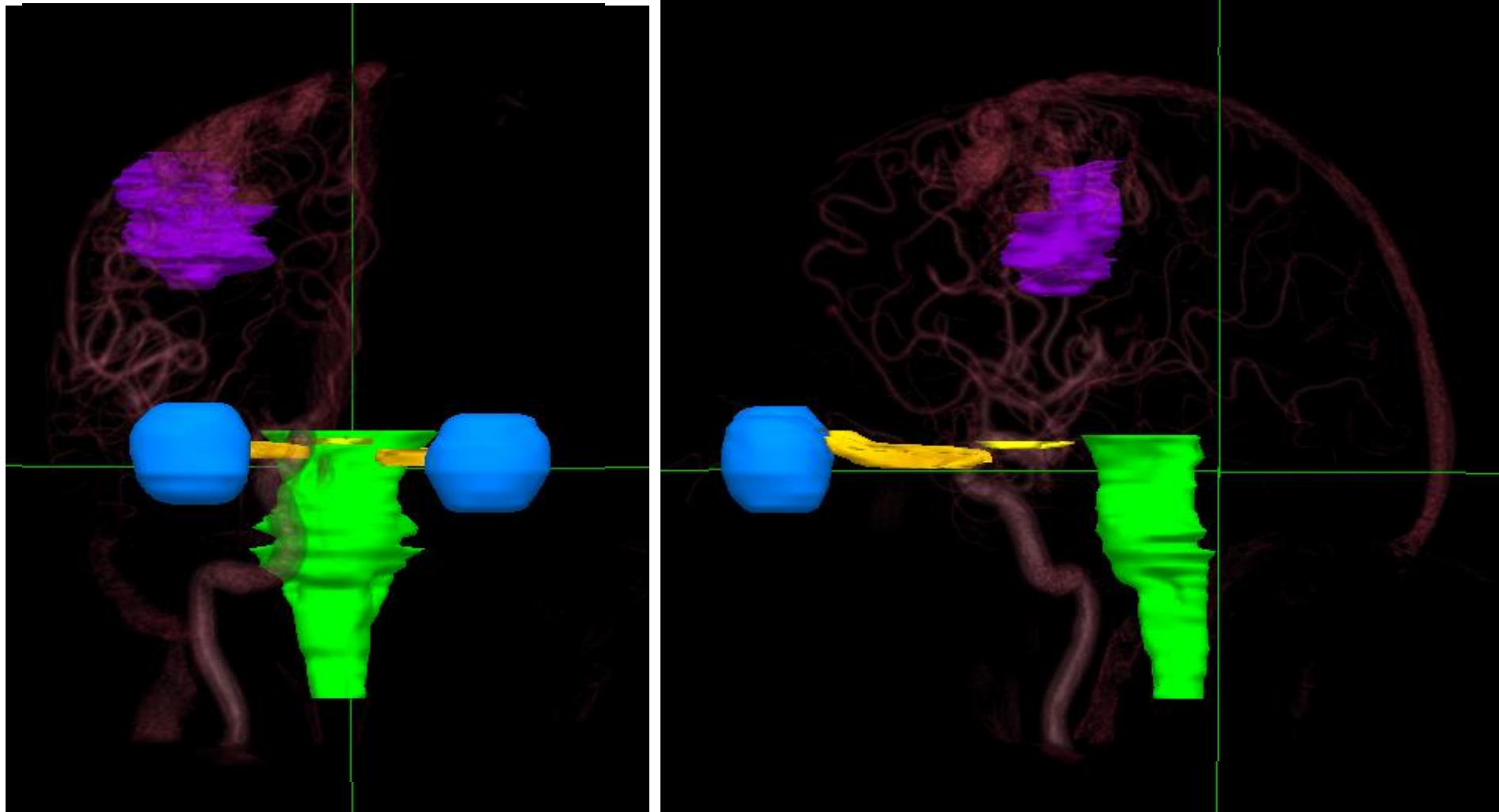


Fallbeispiele - AVM (Arterio-Venöse-Malformation)

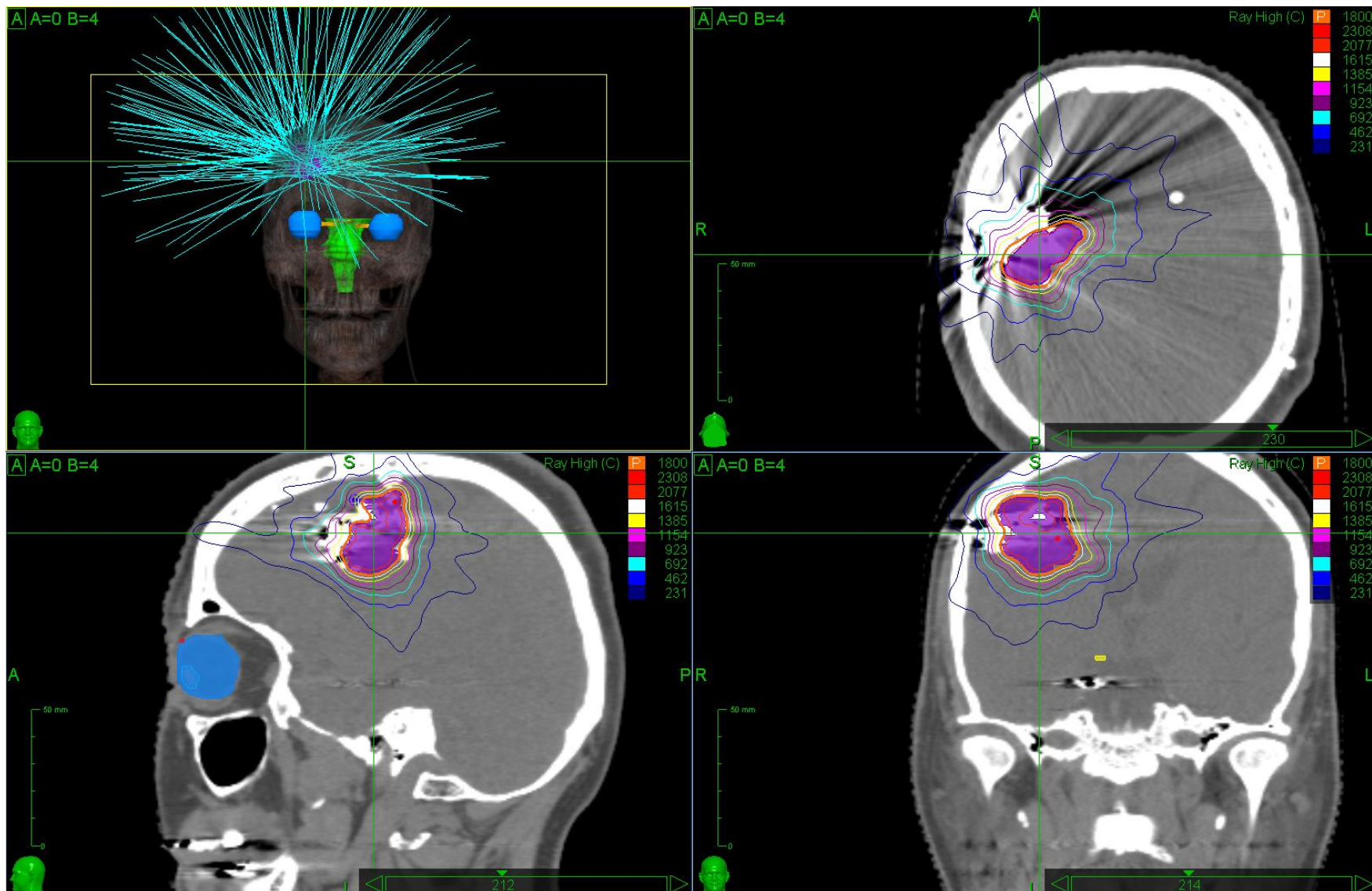
- =Fehlbildung der Blutgefäße im Gehirn
- Grösstes Risiko = Hirnblutung, da innerhalb vom AVM = Blutfluss erhöht, Gefässwände gedehnt + dünner -> anfälliger für Rupturen
- Zusätzlich zur RT erfolgt Embolisation – Katheter wird z. B. Von der Leistenarterie bis ins Gehirn geführt – unterständiger Rö-Kontrolle wird «Klebstoff» mit Platin-Spiralen eingespritzt -> Verkleben der Gefäße



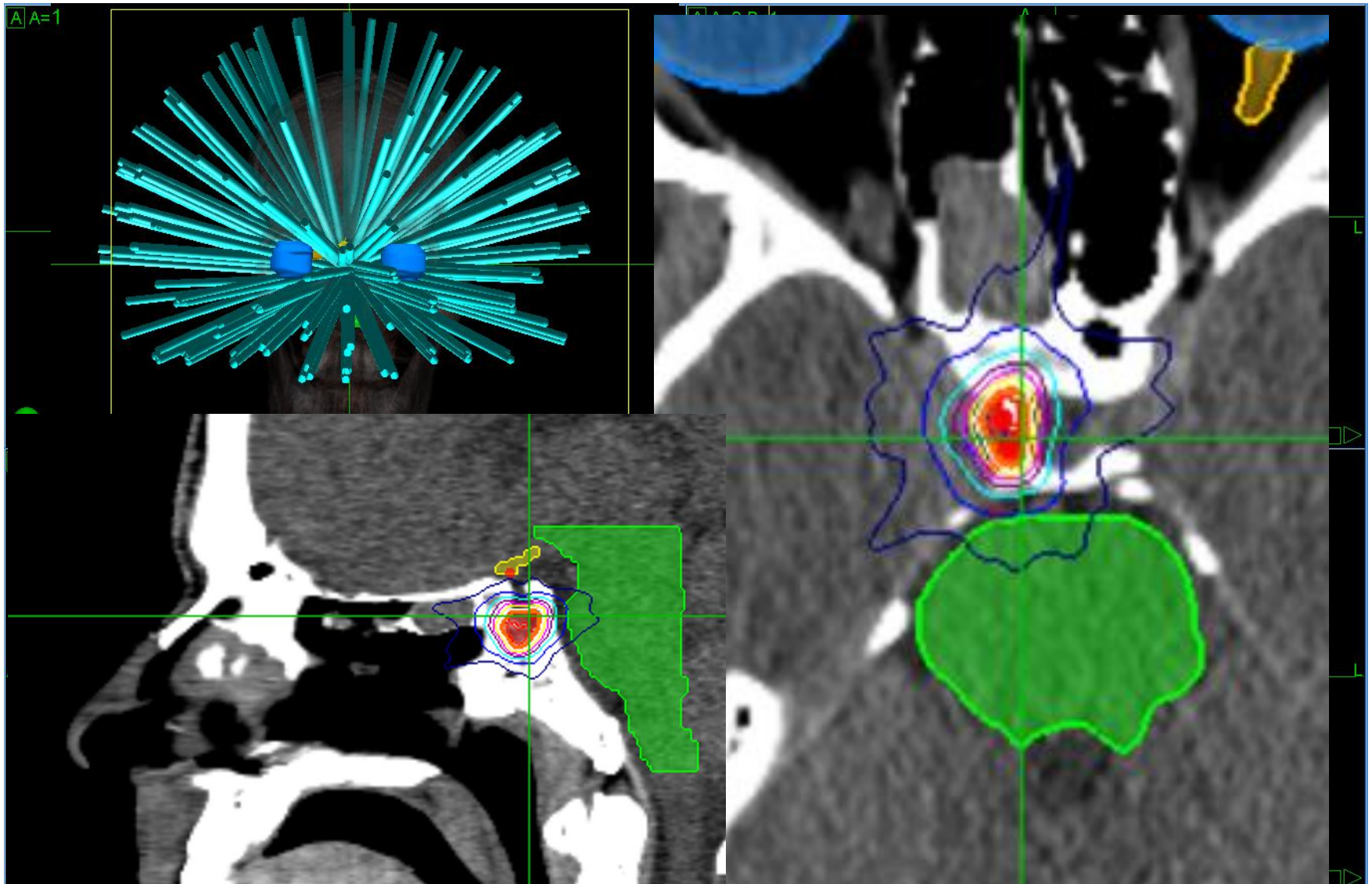
Fallbeispiele - AVM (Arterio-Venöse-Malformation)



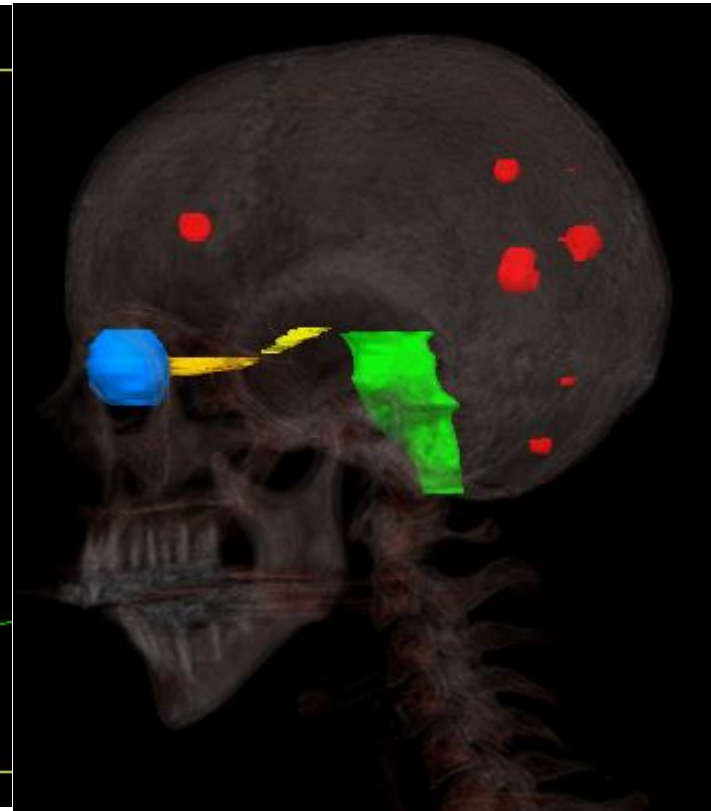
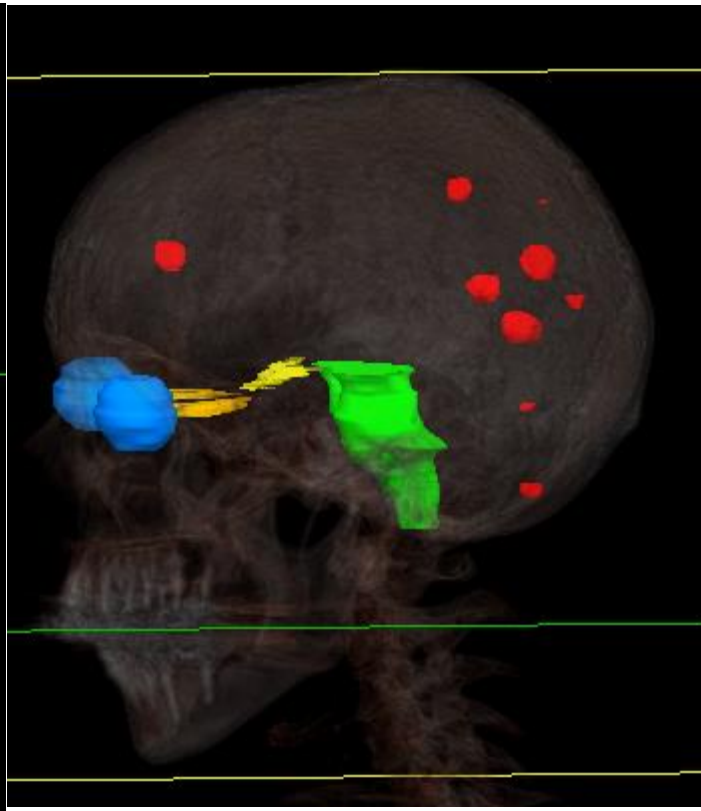
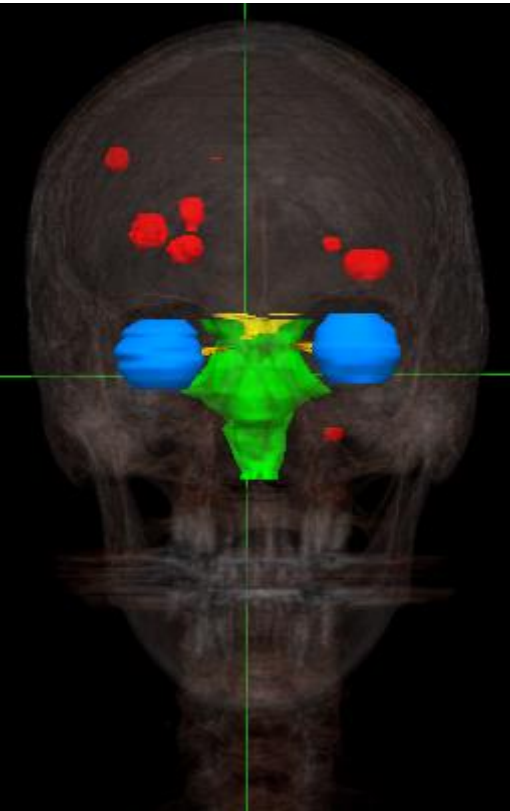
Fallbeispiele - AVM (Arterio-Venöse-Malformation)



Fallbeispiele aus Inselspital - Hypophysenadenom



Fallbeispiele aus Inselspital - 10 Hirnmetastasen

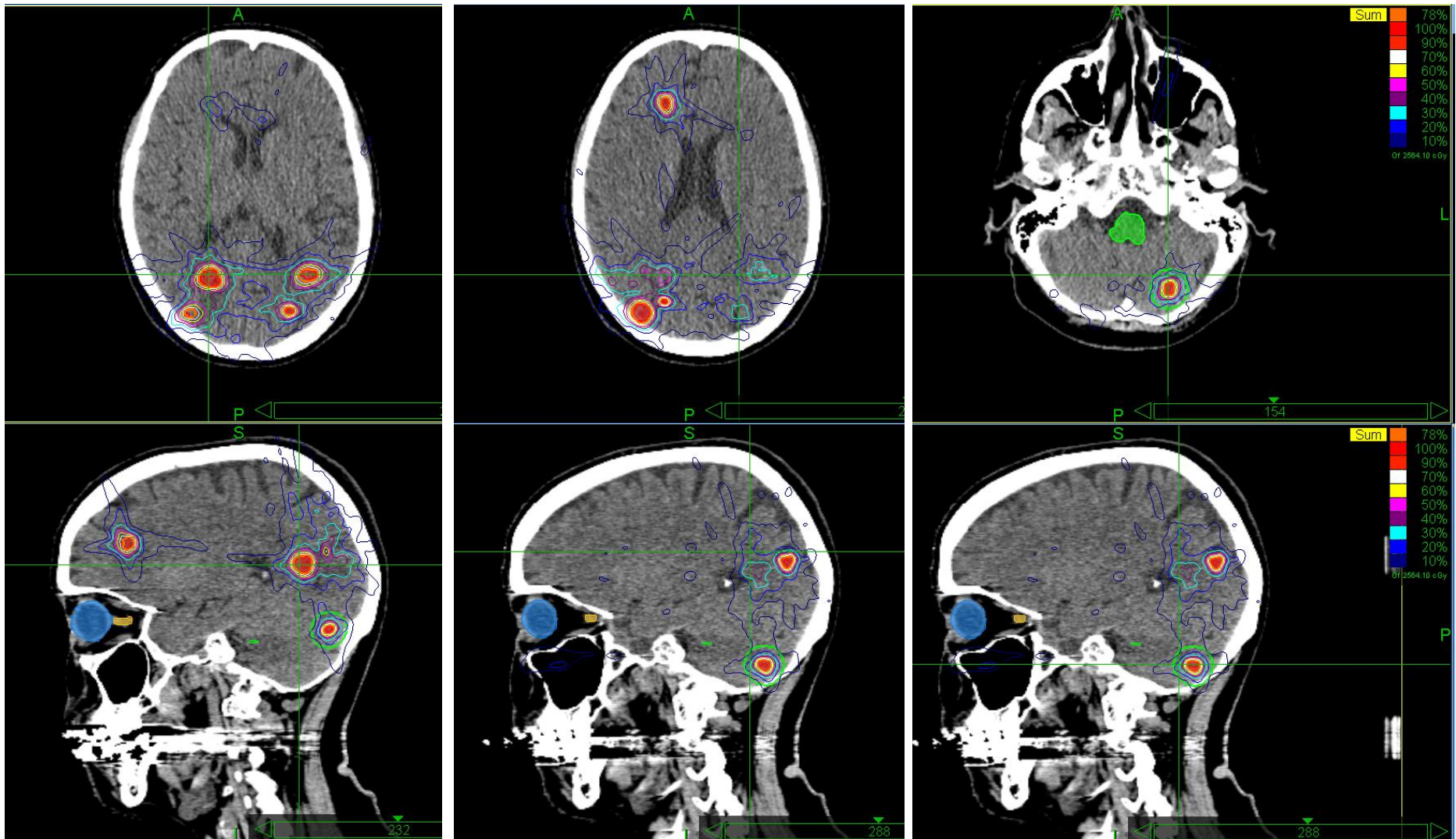


Ansicht: ap

schräg

seitlich

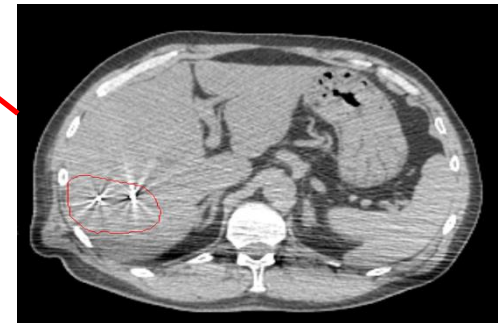
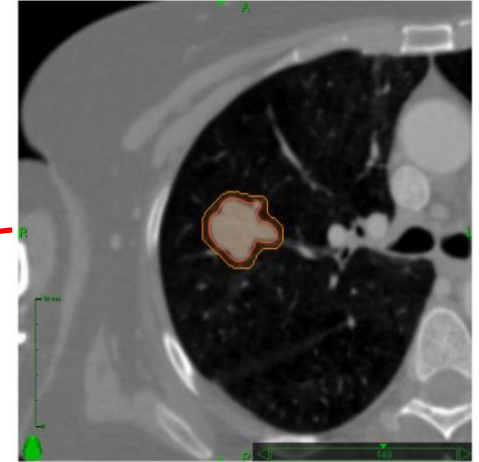
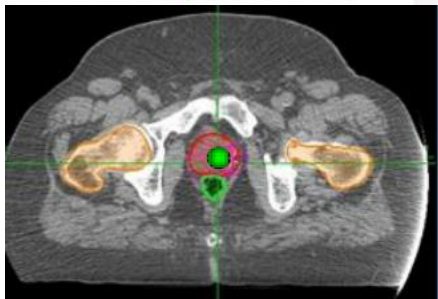
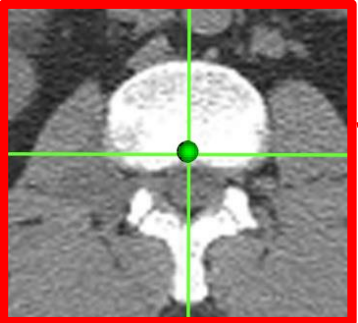
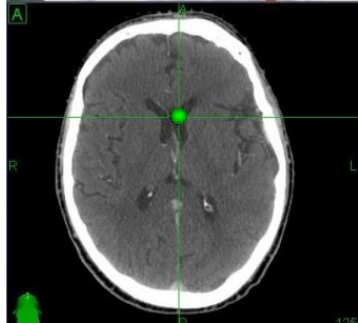
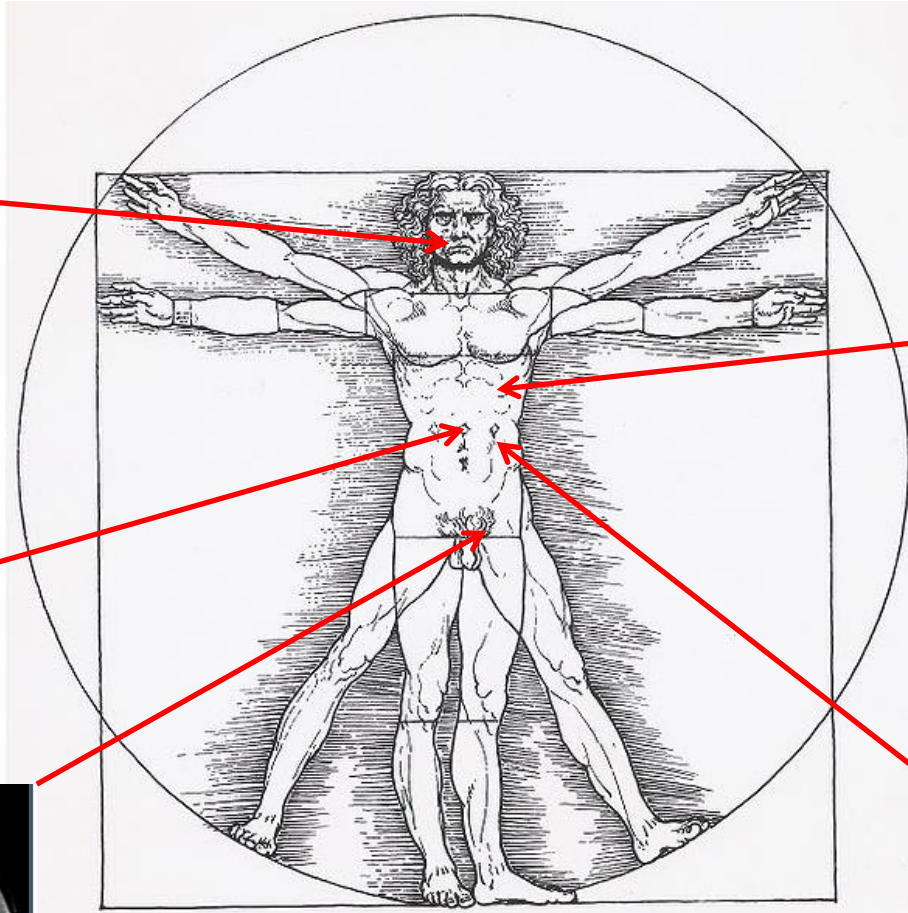
Fallbeispiele aus Inselspital - 10 Hirnmetastasen



Anwendungsbereich + Fallbeispiele

Non-moving Targets

Non-moving Targets



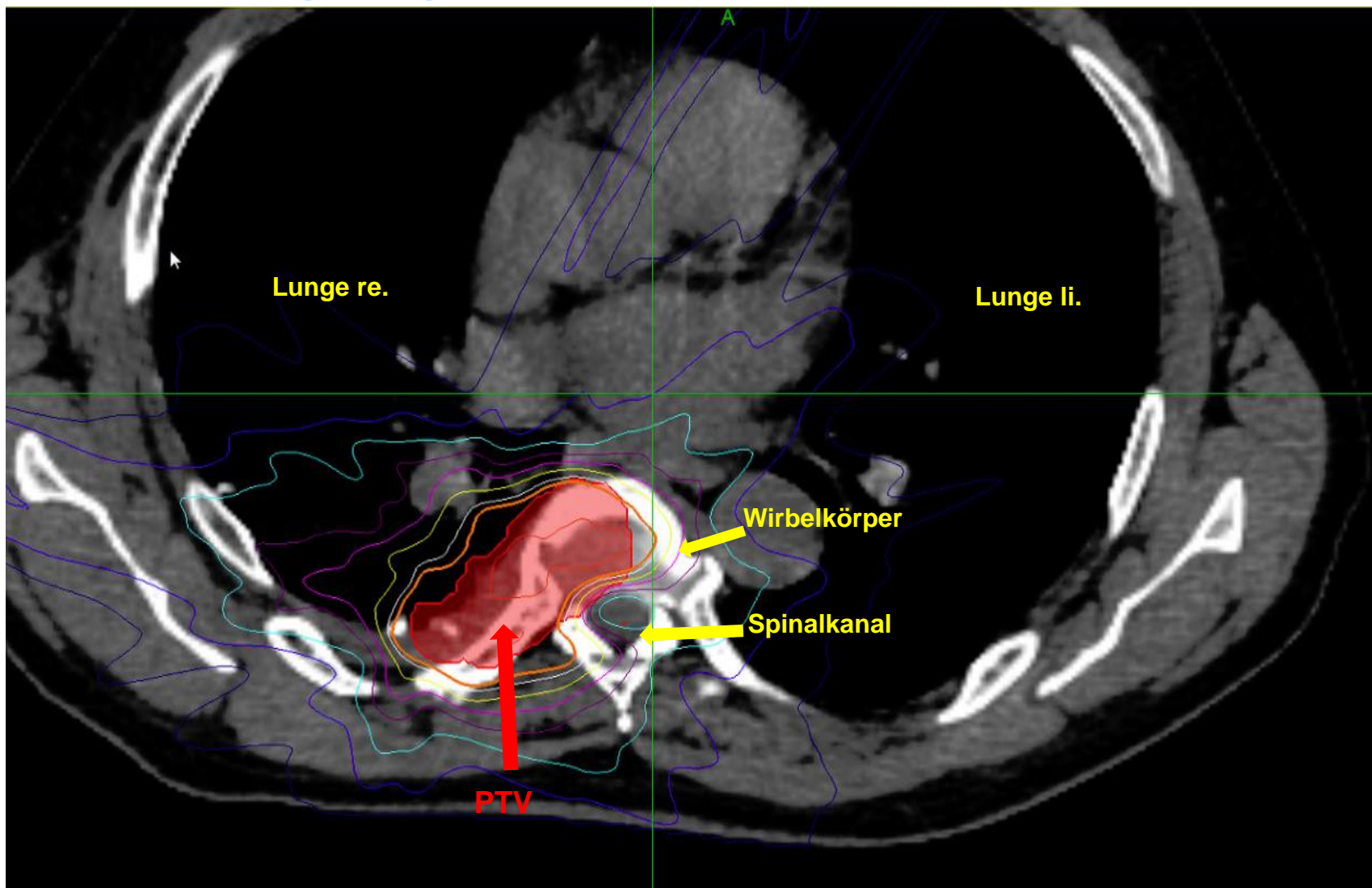
Non-moving targets

-**Wirbelsäulen-Läsionen**

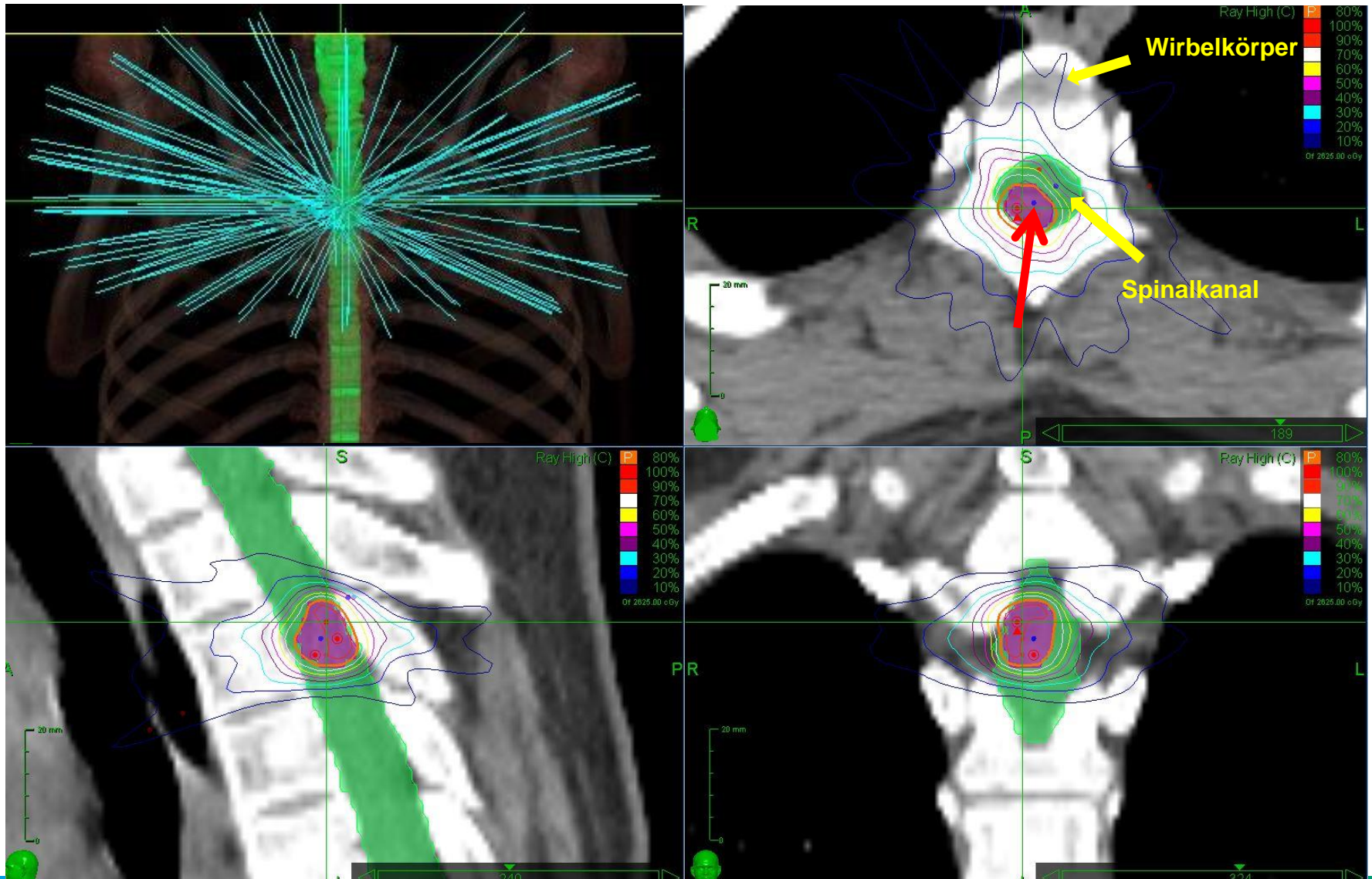
-Lagerung: indexierte Vakuumkissen



Non-moving targets – Läsion an und um den WK



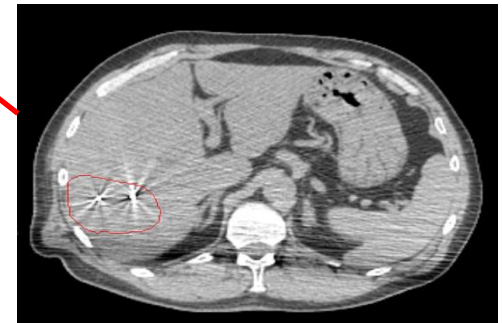
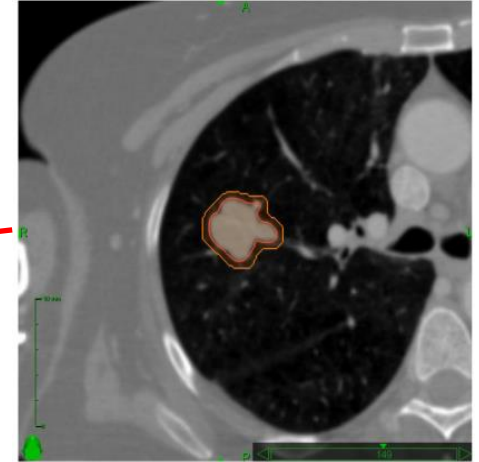
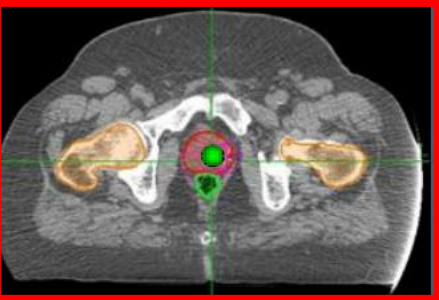
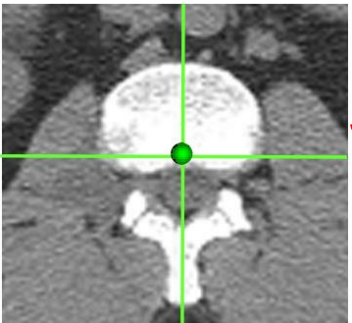
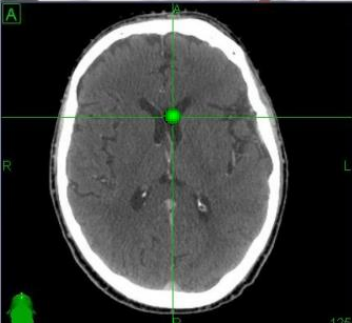
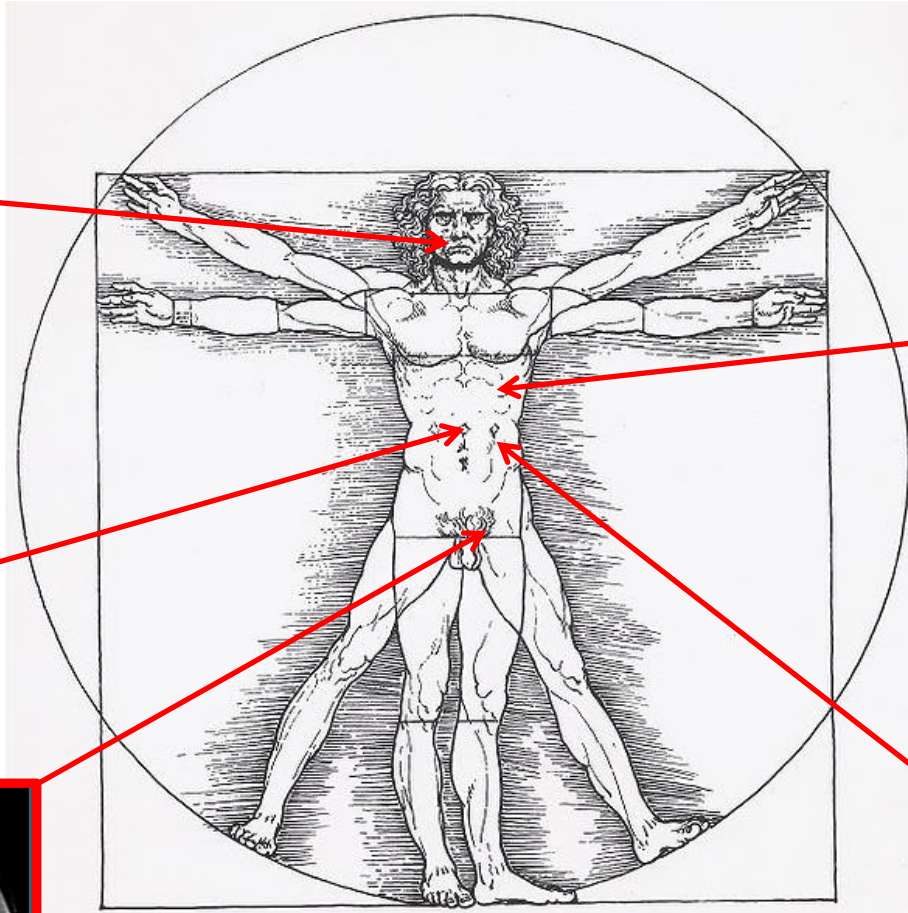
Non-moving targets – Intraspinaläre Läsion



Anwendungsbereich + Fallbeispiele

Non-moving Targets

Non-moving Targets



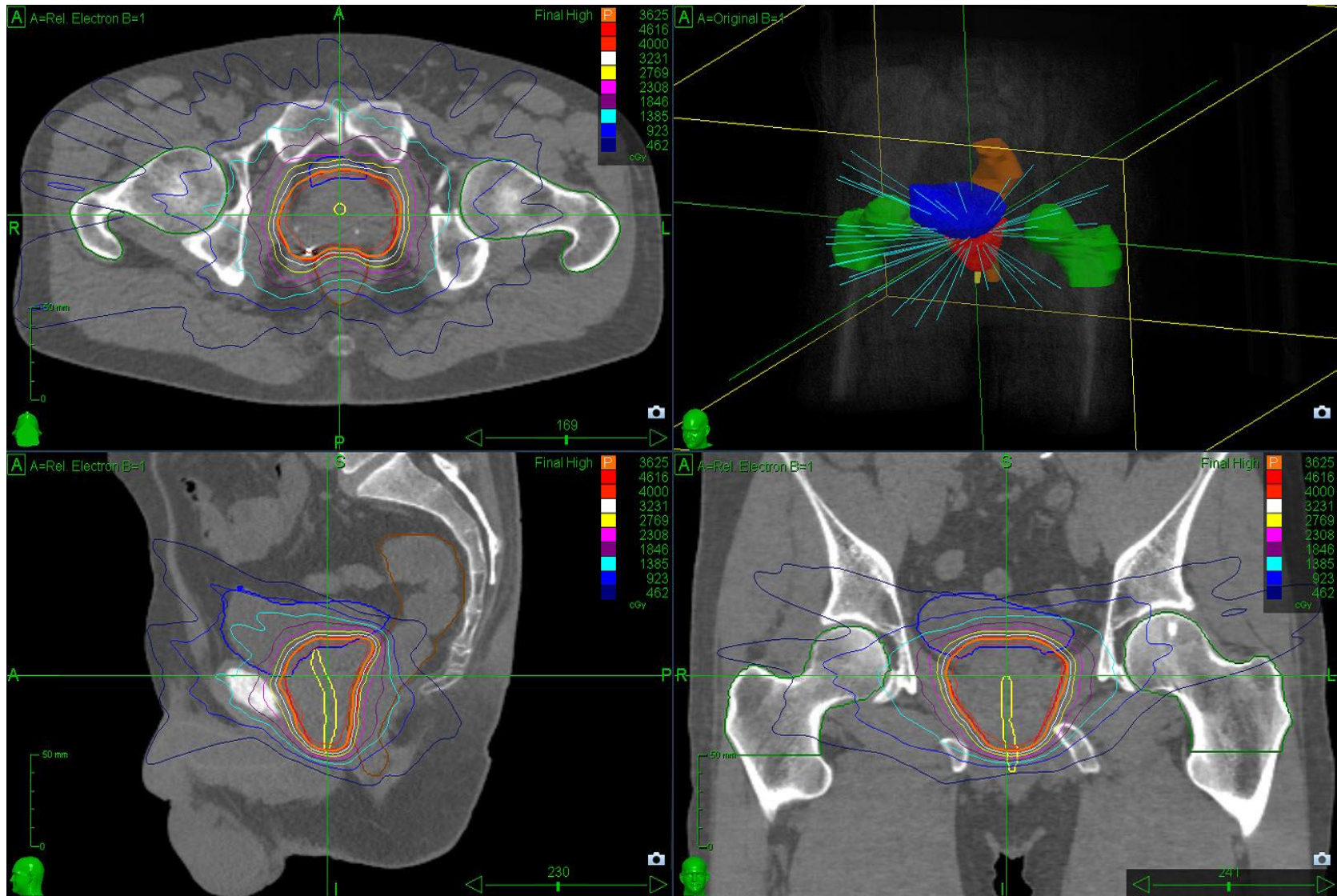
Non-moving targets

-Prostata

-Lagerung: auf Tempur-Matratze mit Kissen für Beine und Stütze für Füße



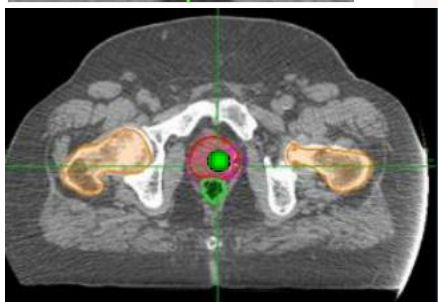
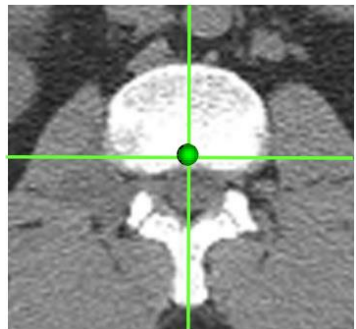
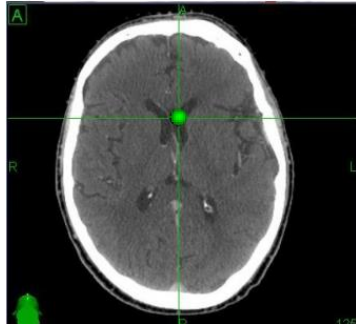
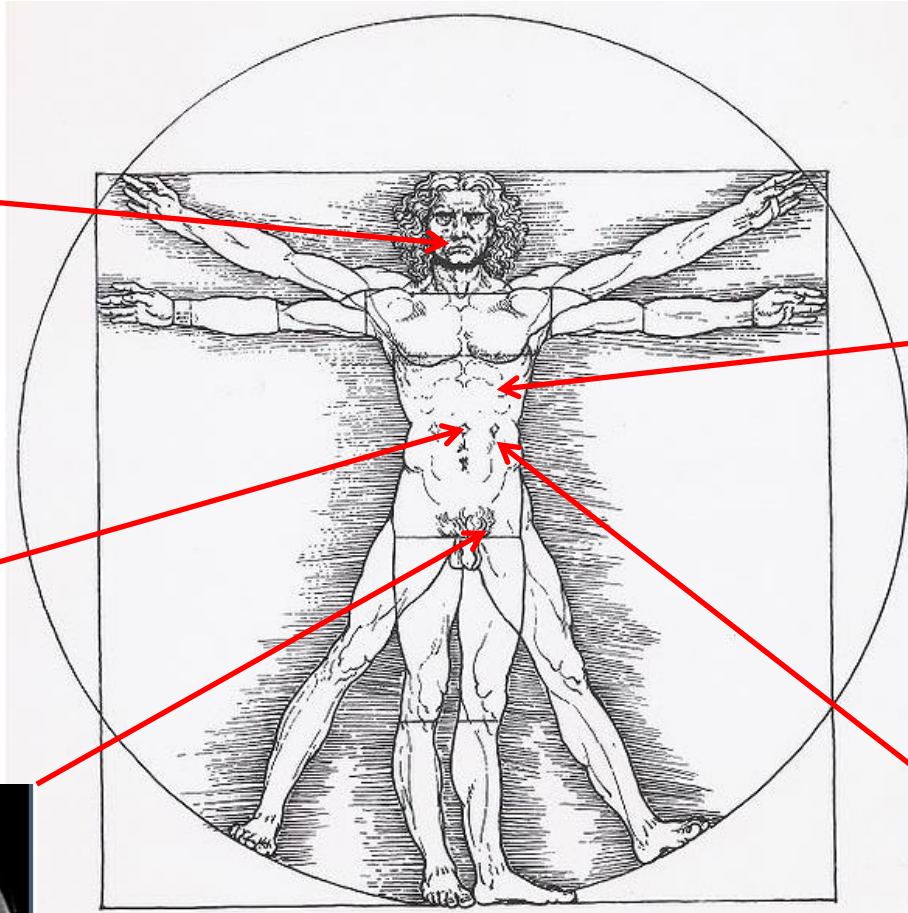
Non-moving targets - Prostata



Anwendungsbereich + Fallbeispiele

Non-moving Targets

Non-moving Targets



Moving Targets

- Beispiele:
 - Lunge
 - Leber
 - Niere/Nebenniere
 - Pankreas
 - (alles was sich mit der Atmung mitbewegt)
- Voraussetzung: «fast immer»
Implantierung von Markern in/an den Tumor (z. B. per Angiografie, Bronchoskopie oder von aussen durch die Haut)

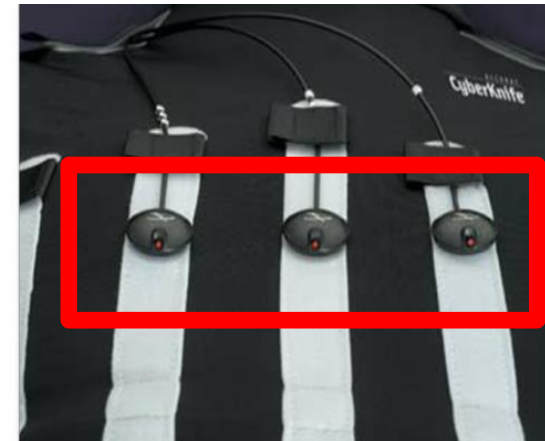


Moving Targets

-am Bsp. Lunge

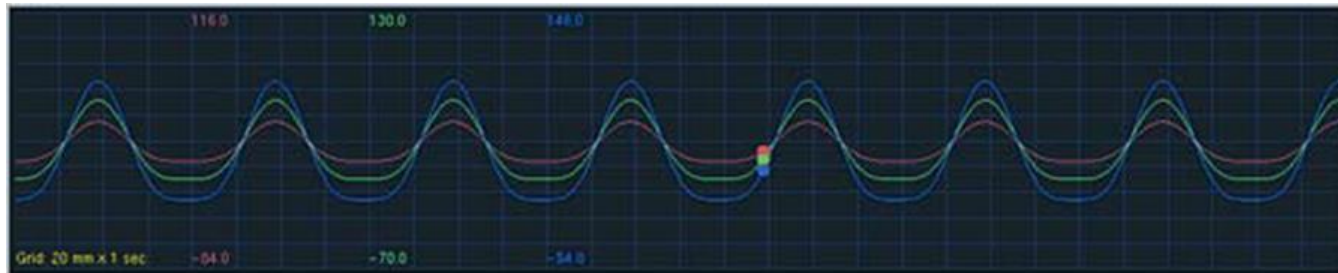
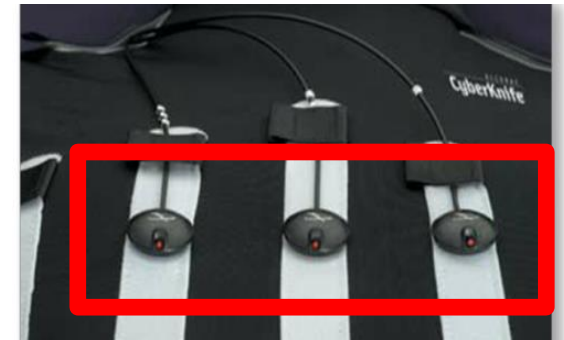
-Lagerung: -indexierte Vakuumkissen

-Synchrony-Weste mit **optischen Markern**

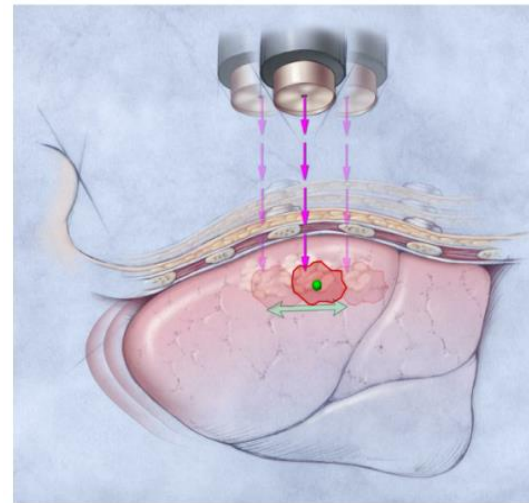


Moving Targets - Lunge

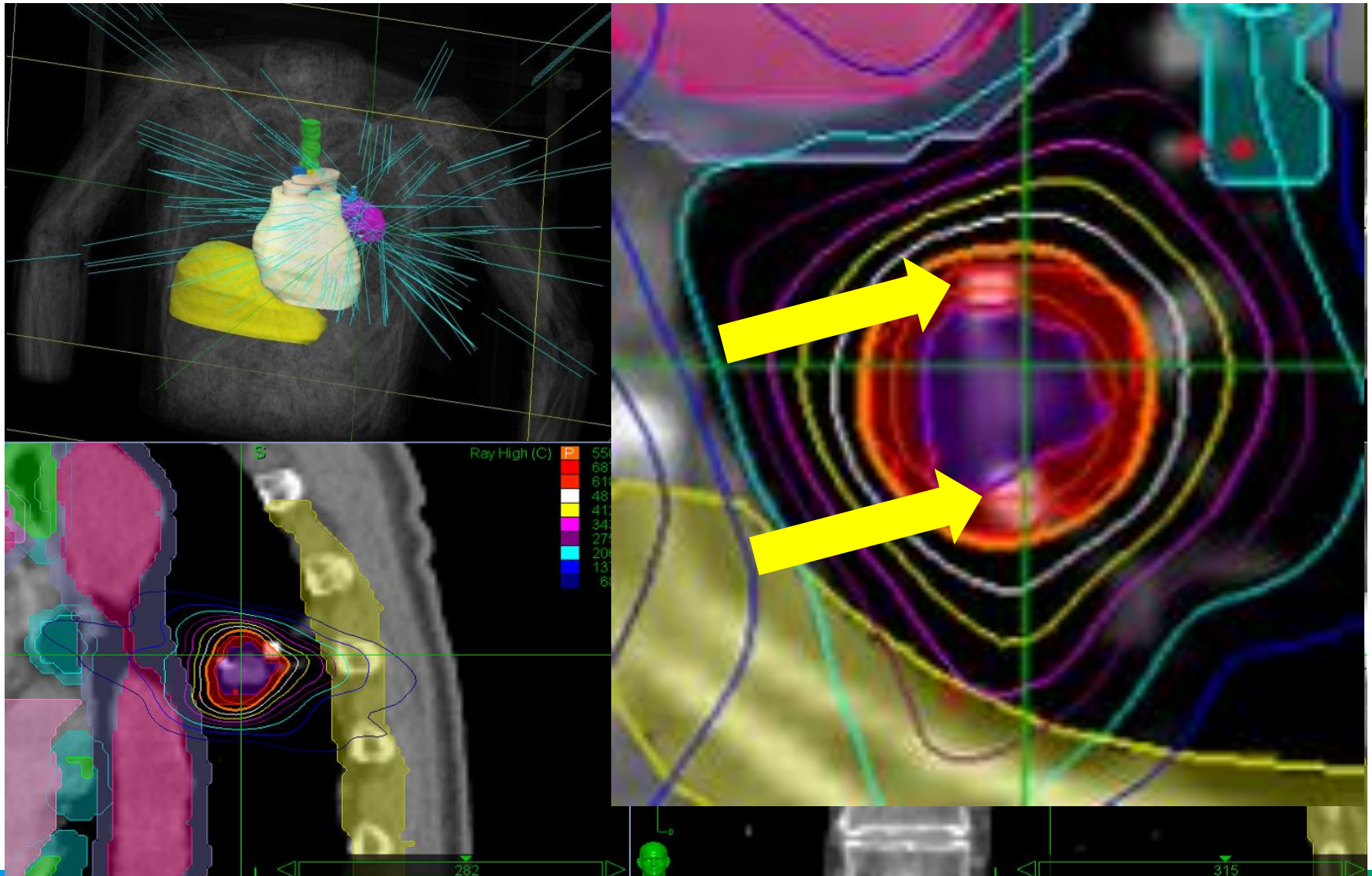
- Die optischen Marker dienen zum:
 - Messen der Tumorbewegung
 - Erstellen eines Atemmodells



- Somit kann der CK den Tumor während der RT verfolgen



Moving Targets - Lunge



Moving Targets – Herz (ventrikuläre Tachykardie)



- Exkurs Kardiologie:
- **ventrikuläre Tachykardie (VT)** = Herzrhythmusstörung hervorgerufen durch die Ventrikel (Herzkammern), bei der eine Herzfrequenz von mindestens 120 Schlägen pro Minute erreicht wird
- Grund: idiopathisch, Narbenbildung nach Myokardinfarkt oder Entzündungen
- Therapien:
 1. medikamentös (z. B. Betablocker)
 2. Katheterablation (gezielte Hitzeverödung des Herzgewebes, von der die VT ausgeht)

Moving Targets – Herz (ventrikuläre Tachykardie)

- Exkurs Kardiologie:
- Rezidivrate für eine VT liegt jedoch bei ca. 50% → erneute ggf. multiple Katheterablationen nötig oder Implantation von ICDs (Defibrillator) → invasiver Eingriff
- SBRT = neues Instrument zum VT-Management

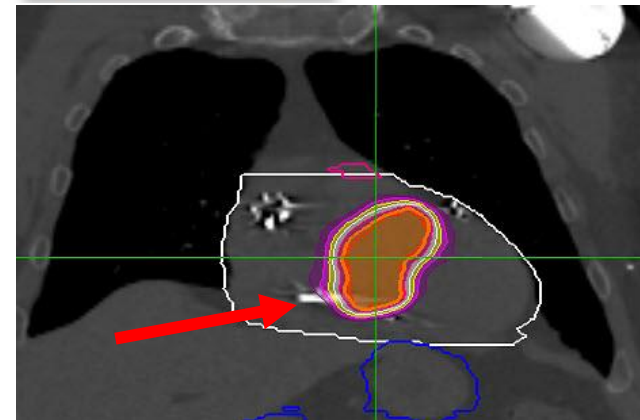


Moving Targets – Herz (ventrikuläre Tachykardie)

- SBRT des Herzens:
- 2 grundlegende Probleme =
 - Bewegung des Herzens mit der Atmung
 - Bewegung des Herzens selber (Herzrhythmus)



Custom designed Synchrony Vest and fiber optic Tracking Markers.

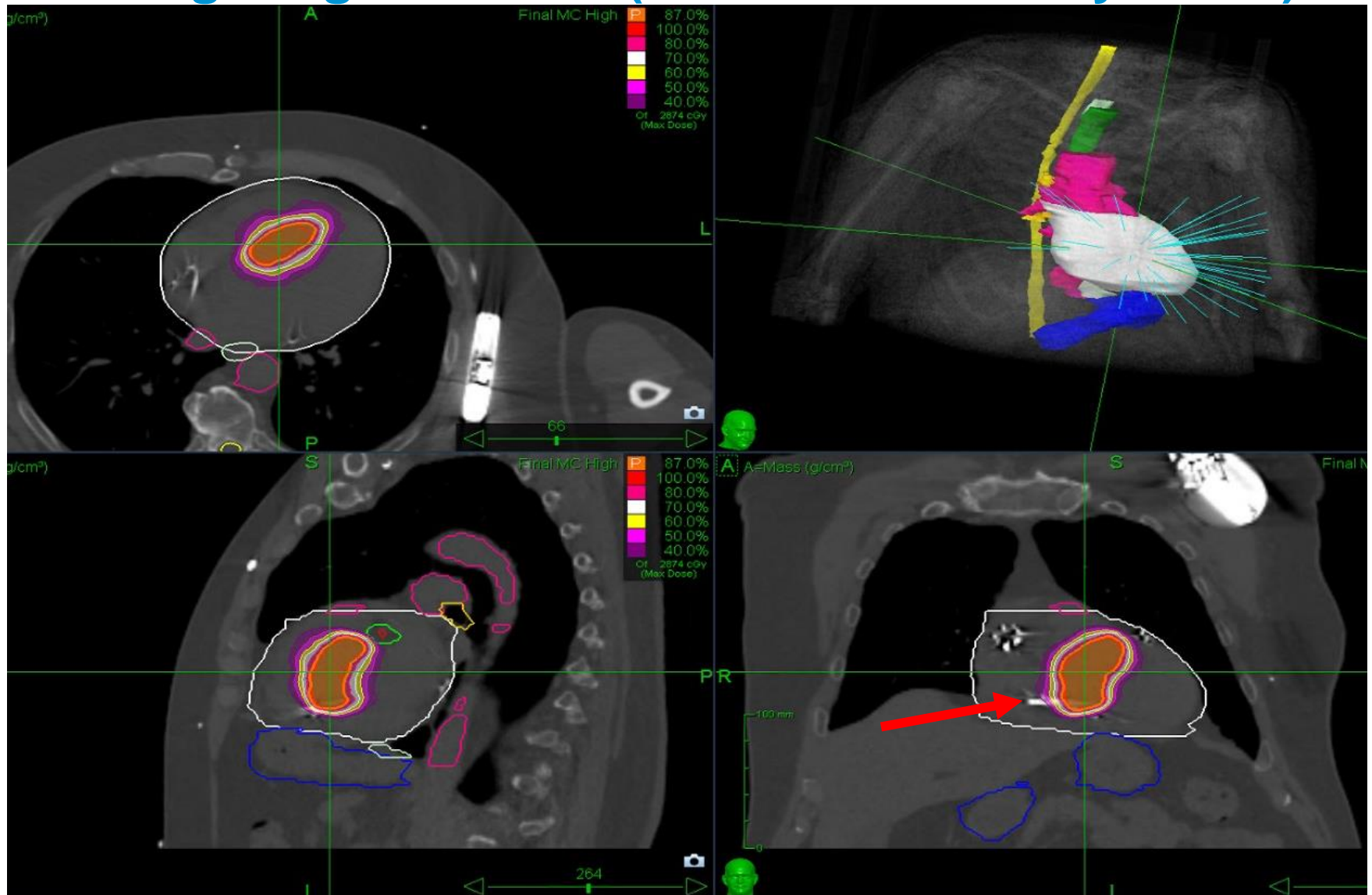


- Ziel = Fibrose des Gewebes, welches die VT hervorruft → signifikante Reduktion der VT und der ICD-Schocks

Moving Targets – Herz (ventrikuläre Tachykardie)

- SBRT des Herzens:
- Ablauf:
 - Pat kommt zum PlanungsCT
 - ca. 2 Tage später = Bestrahlen (Pat. kommen stationär von Cardio → Kardiologe muss während RT anwesend sein)
 - Dauer der RT selbst ca. 40 min
 - 1 x 25 Gy

Moving Targets – Herz (ventrikuläre Tachykardie)



Moving Targets – Herz (ventrikuläre Tachykardie)

- Momentan noch im Rahmen von prospektiven oder retrospektiven Studien

frontiers
in Cardiovascular Medicine

REVIEW
published: 25 June 2020
doi: 10.3389/fcvm.2020.00108



Stereotactic Radiotherapy for the Management of Refractory Ventricular Tachycardia: Promise and Future Directions

Raphael Jumeau^{1,2}, Mahmut Ozsahin¹, Juerg Schwitter³, **Olgun Elicin⁴**, Tobias Reichlin⁵, Laurent Roten⁵, Nicolaus Andratschke⁶, Michael Mayinger⁶, Ardan M. Saguner⁷, Jan Steffel⁷, Oliver Blanck⁸, Marie-Catherine Vozenin⁹, Raphael Moeckli¹⁰, Michele Zeverino¹⁰, Véronique Vallet¹⁰, Claudia Herrera-Siklody¹¹, Patrizio Pascale¹¹, Jean Bourhis¹¹ and Etienne Pruvot^{11*}

OPEN ACCESS

Edited by: Matteo Anselmino, University of Turin, Italy

Reviewed by: Veronica Dusi, University of Pavia, Italy

¹ Department of Radiation Oncology, Lausanne University Hospital and University of Lausanne, Lausanne, Switzerland, ² Multidisciplinary Cancer Care Service, Radiation Oncology Unit, Riviera-Chablais Hospital, Rennaz, Switzerland, ³ Heart and Vessel Department, Cardiac MR Center, Lausanne University Hospital and University of Lausanne, Lausanne, Switzerland, ⁴ Department of Radiation Oncology, Inselspital, Bern University Hospital and University of Bern, Bern, Switzerland, ⁵ Department of Cardiology, Inselspital, Bern University Hospital and University of Bern, Bern, Switzerland, ⁶ Department of Radiation Oncology, University Hospital Zurich, Zürich, Switzerland, ⁷ Department of Cardiology, University Heart Center

Das Cyberknife

- Was ist Stereotaxie / SRS / SRT / SBRT / rRS?
- Geschichte
- Technik
- **Anwendungsbereiche + Fallbeispiele aus Inselspital**
- Patientenzahlen

Das Cyberknife

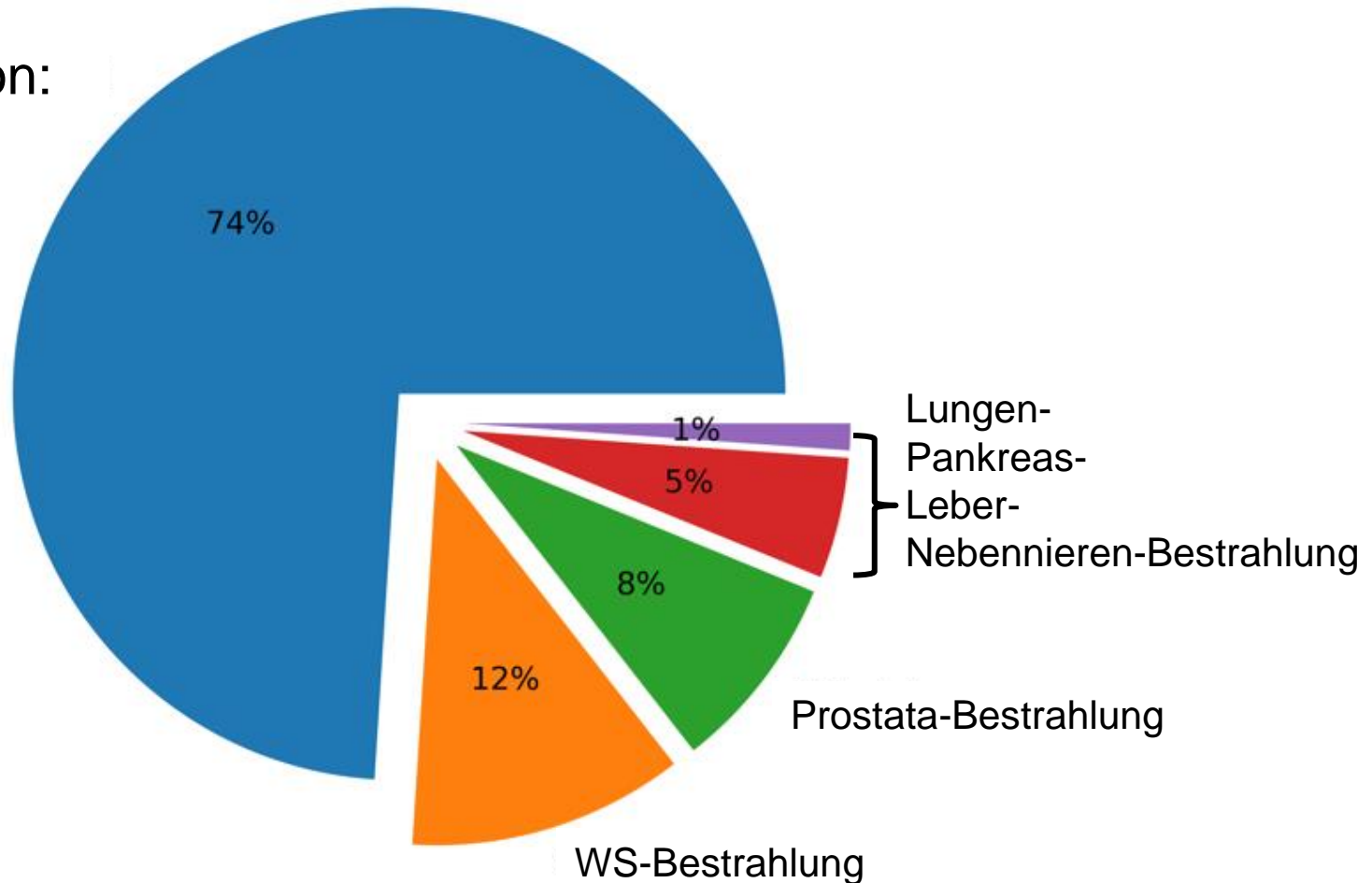
- Was ist Stereotaxie / SRS / SRT / SBRT / rRS?
- Geschichte
- Technik
- Anwendungsbereiche + Fallbeispiele aus Inselspital
- **Patientenzahlen**

Patientenzahlen

- Zusammenstellung aller Patienten seit dem Start im Mai 2014

- Lokalisation:

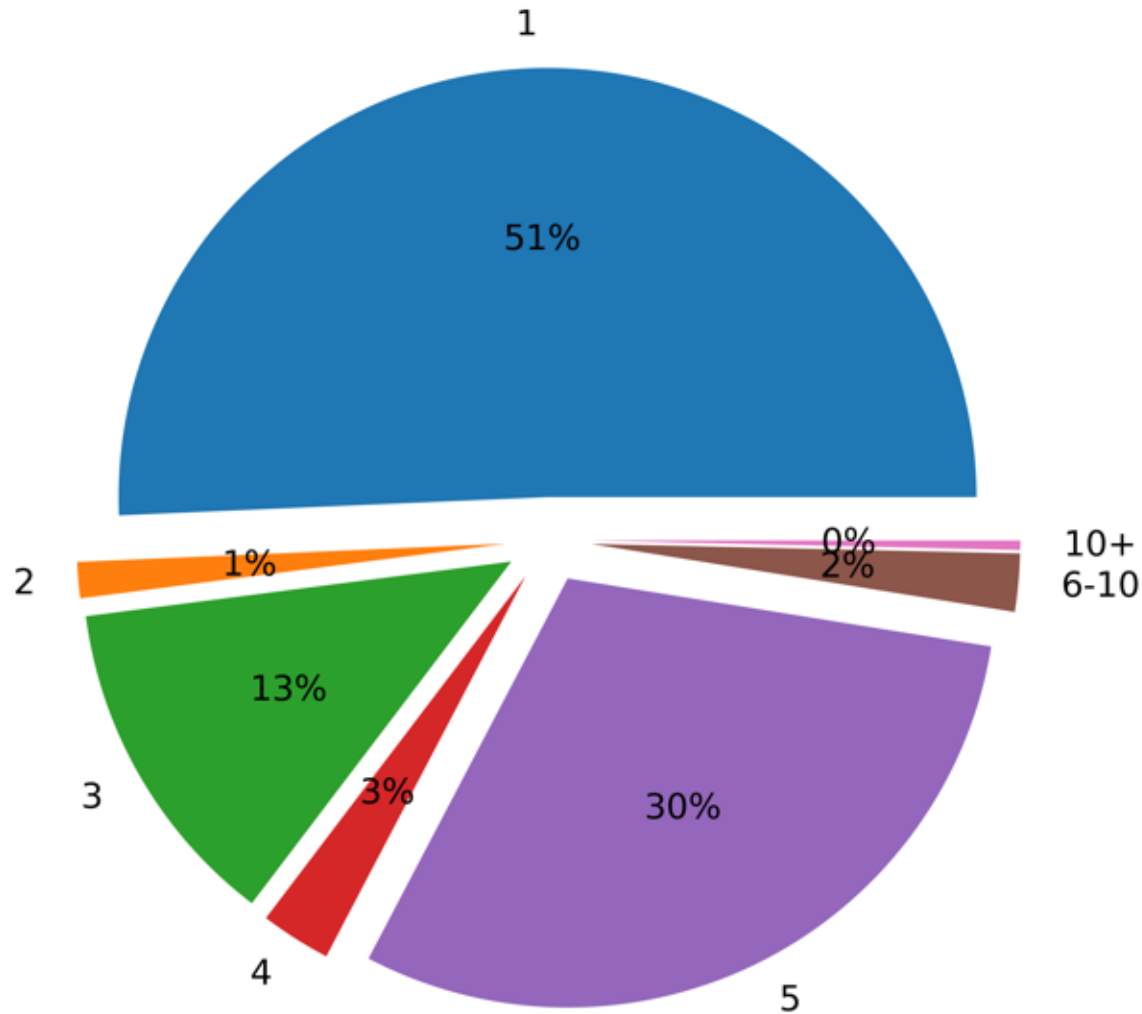
Intracraniale
Bestrahlung



Patientenzahlen

- Zusammenstellung aller Patienten seit dem Start im Mai 2014

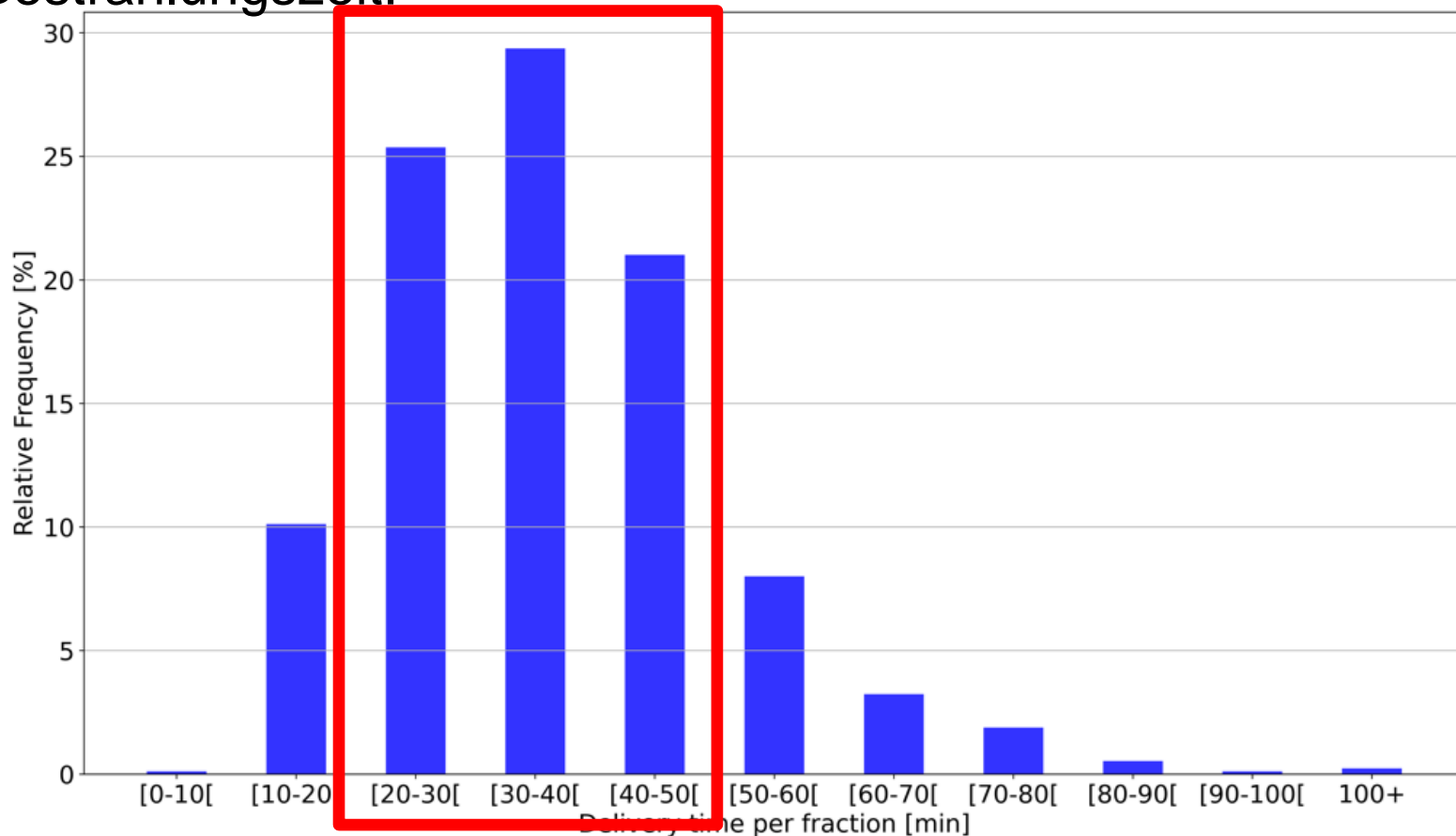
- Anzahl der Fraktionen:



Patientenzahlen

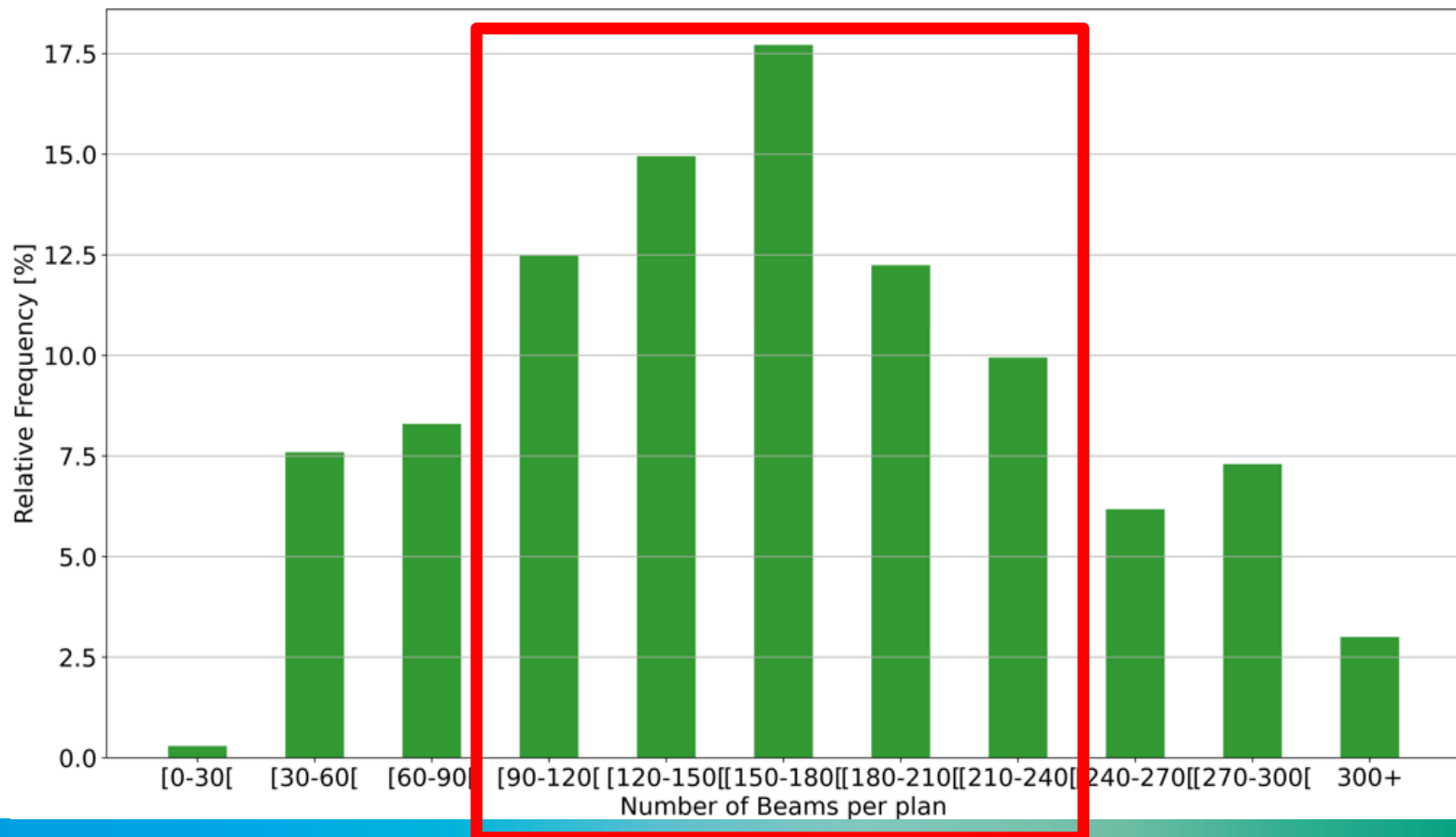
- Zusammenstellung aller Patienten seit dem Start im Mai 2014

- Bestrahlungszeit:



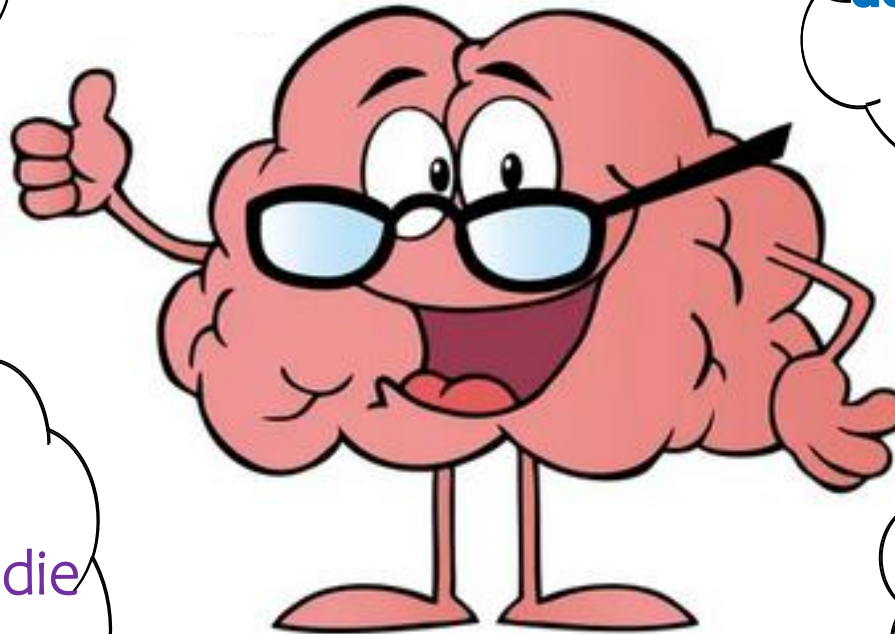
Patientenzahlen

- Zusammenstellung aller Patienten seit dem Start im Mai 2014
- Anzahl der Bestrahlungsfelder/Beams:



Steuertaxie?
Kann doch
besser!

Warten immer
wieder spannen über
den «Cyberknife»?



Es gibt auch
Genau!
andere Geräte, die
Siehe
Hochpräzisions-
Folie 12
bestrahlungen
machen!

Was ist
wahrscheinlich zu
viele spannende
eigentlich grad
oder lustige Serien,
so Netflix?
benennen!

**Danke für Eure Aufmerksamkeit.
Gibt es Fragen?**

