

Neue Therapien und technische Innovationen in der Radio-Onkologie

Markus Reist InselSpital Bern / OPS Kongress



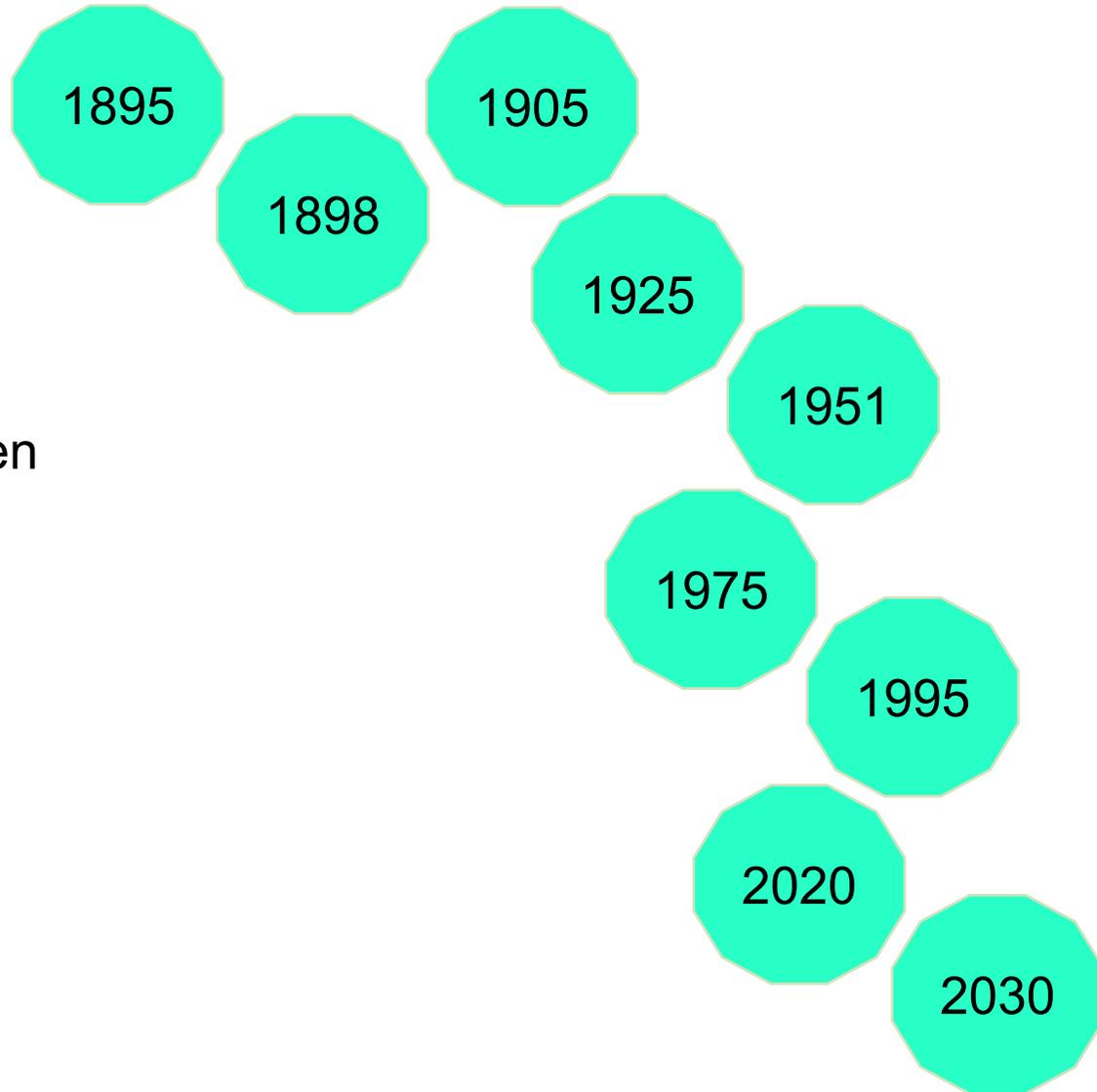
Neue Therapien und technische Innovationen in der Radio-Onkologie ... ab 1895

Markus Reist InselSpital Bern / OPS Kongress

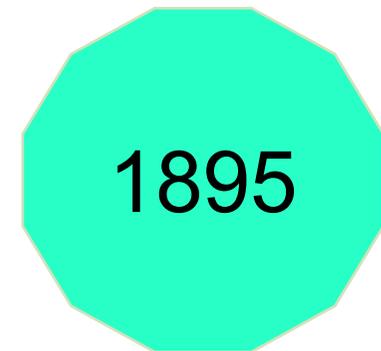


Neue Therapien und technische Innovationen in der Radio-Onkologie

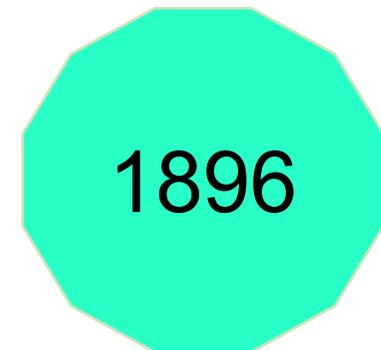
- Geschichte
- Strahlenarten
- Bestrahlungstechniken
- Bildgebung
- Positionierungen
- Dosisoptimierungen



1895, Mitteilung von Wilhelm Conrad Röntgen über
«*eine neue Art von Strahlen*»



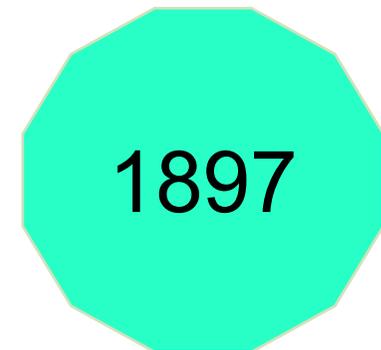
1896 entdeckte Henry Becquerel die natürliche Radioaktivität



6. März 1897, Veröffentlichung von Leopold Freund

«Ein mit Röntgen-Strahlen behandelter Fall von Naevus pigmentosus piliferus (Tierfell-Muttermal)»

= erster beschriebener Fall, bei dem Röntgenstrahlen zu Heilzwecken angewendet wurden

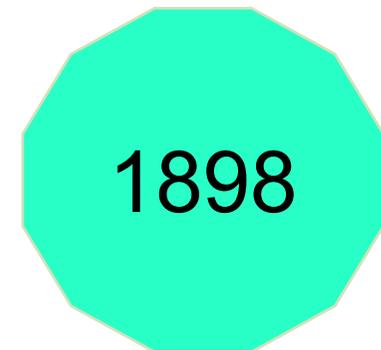


Technische Nutzung der natürlichen Radioaktivität

Aufbauend auf der Entdeckung des Radiums durch Marie und Pierre Curie 1898



Marie Curie
1903 Nobelpreis für Physik
1911 Nobelpreis für Chemie



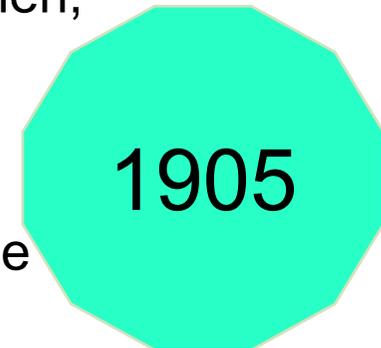
IntraOperativeRadioTherapie IORT

1905 wurde eine erste intraoperative Strahlenbehandlung wegen eines Magenkarzinoms durchgeführt

Die Bestrahlung erfolgt genau an der Stelle, an der der Operateur den Tumor kurz zuvor entfernt hat

Da sich an dieser Stelle Mikrometastasen befinden können, ist eine zielgenaue Bestrahlung der ehemaligen Tumorregion sehr effektiv

Diese kann nach dem Schließen des operativen Situs nie mit der gleichen Genauigkeit durchgeführt werden



IntraOperativeRadioTherapie IORT

Im Gegensatz zur herkömmlichen, postoperativen Bestrahlung muss bei der intraoperativen Bestrahlung die Strahlendosis nicht von außen in das Körperinnere geführt werden, d. h. die gesunden Organe (die Haut, Dünndarm, Harnblase etc.) bei der Rektumbestrahlung werden nicht belastet

Der Operateur kann bestimmte Risikoorgane (z.B. Dünndarm im Becken), die normalerweise im Strahlenfeld liegen würden, während der Bestrahlung zur Seite schieben, um eine optimale Schonung zu gewährleisten

IntraOperativeRadioTherapie IORT

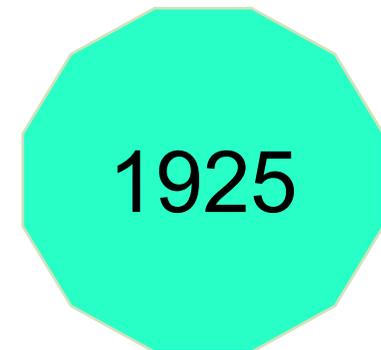


Neue Therapien und technische Innovationen in der Radio-Onkologie

Entwicklung von speziellen Therapieröhren und Generatoren

Hochleistungsröhre erlaubte um den Patienten herumzuschwenken

Kreuzfeuerbestrahlung



Konventionelle Radiotherapie

behandelt werden Prozesse, die an der Oberfläche liegen, da die max. Energie 300kV beträgt und sich dessen Dosismaximum somit direkt an der Hautoberfläche bzw. einige mm darunter befindet

- maligne Indikationen:

- Basaliom
- Spinaliom

- gutartige Indikationen :

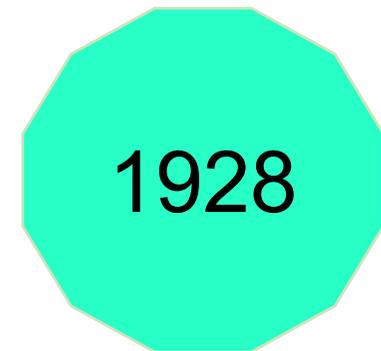
- Fersensporn
- Gutartige Hauttumore
- Tennisellbogen
- Gelenksentzündungen und Arthrosen
- Wulstnarbe

Konventionelle Radiotherapie



Kobalt Maschinen

Seit 1928 wurden durch die Entwicklung von Kreisbeschleunigern und Telekobalt-Gammabestrahlungsanlagen die bis dahin gebräuchlichen konventionellen Röntgentherapiegeräte abgelöst

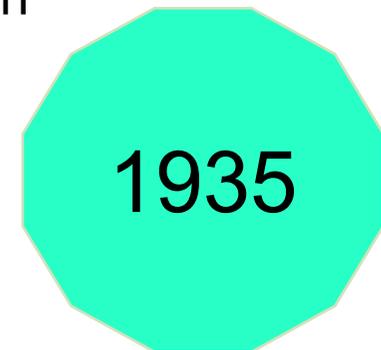


Kreisbeschleuniger

1935 wurde von Steenbeck (Siemens-Schuckert-Werke, Berlin) und 1944 von Gund in Erlangen ein Betatron konstruiert

1940 realisierte Kerst in Illinois, USA, ein Betatron aufgrund der von Wideroe 1928 publizierten Daten

1947 wurde das erste arbeitsfähige Betatron in Göttingen realisiert

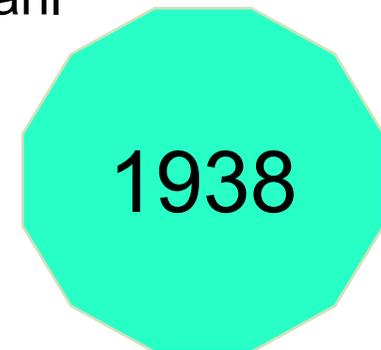


Interstitielle Therapie

Die interstitielle Therapie maligner Tumoren erfolgte anfangs mit Radiumnadeln

1938 entwickelten Paterson und Parker ihr bekanntes System für die Dosierung der interstitiellen Radiumtherapie

Später wurden Nadeln aus Caesium-137 und eine Vielzahl anderer radioaktiver Isotope verwendet, wie z. B. Gold-198-Seeds mit pistolenartigen Applikatoren, Jod-125-Seeds bzw. -Drähte und Iridium-192-Seeds und bzw. -Drähte



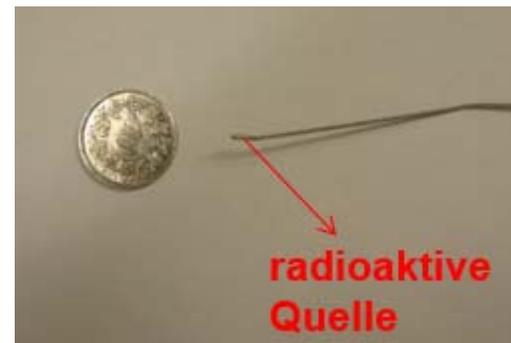
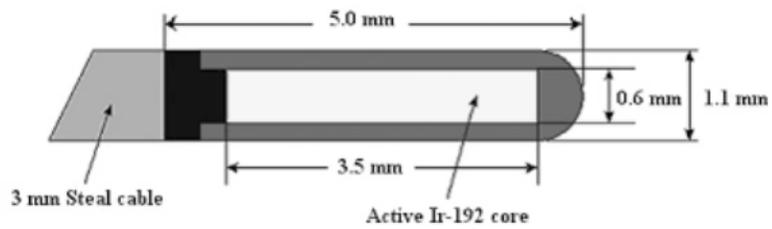
Brachytherapie

interne Strahlentherapie oder Kurzdistanztherapie (radioaktive Quelle ist in unmittelbarem Kontakt mit dem Gewebe)

Therapie mit umschlossenen Strahlenquellen (4 mm)

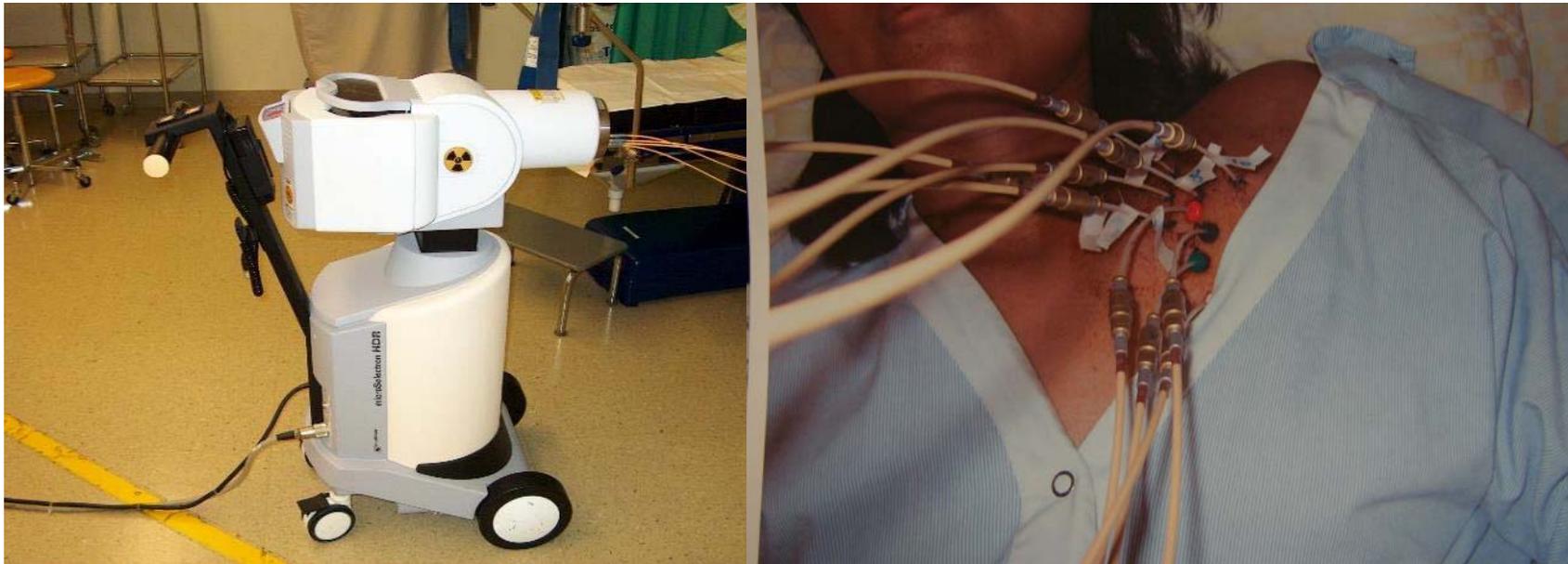
häufig als eine wirksame Behandlungsmethode für Cervix-Ca (intrauterin oder vaginale BT), Prostata-Ca, Mamma-Ca (als Kombination mit externen Bestrahlung am Linearbeschleuniger)

Brachytherapie



Brachytherapie

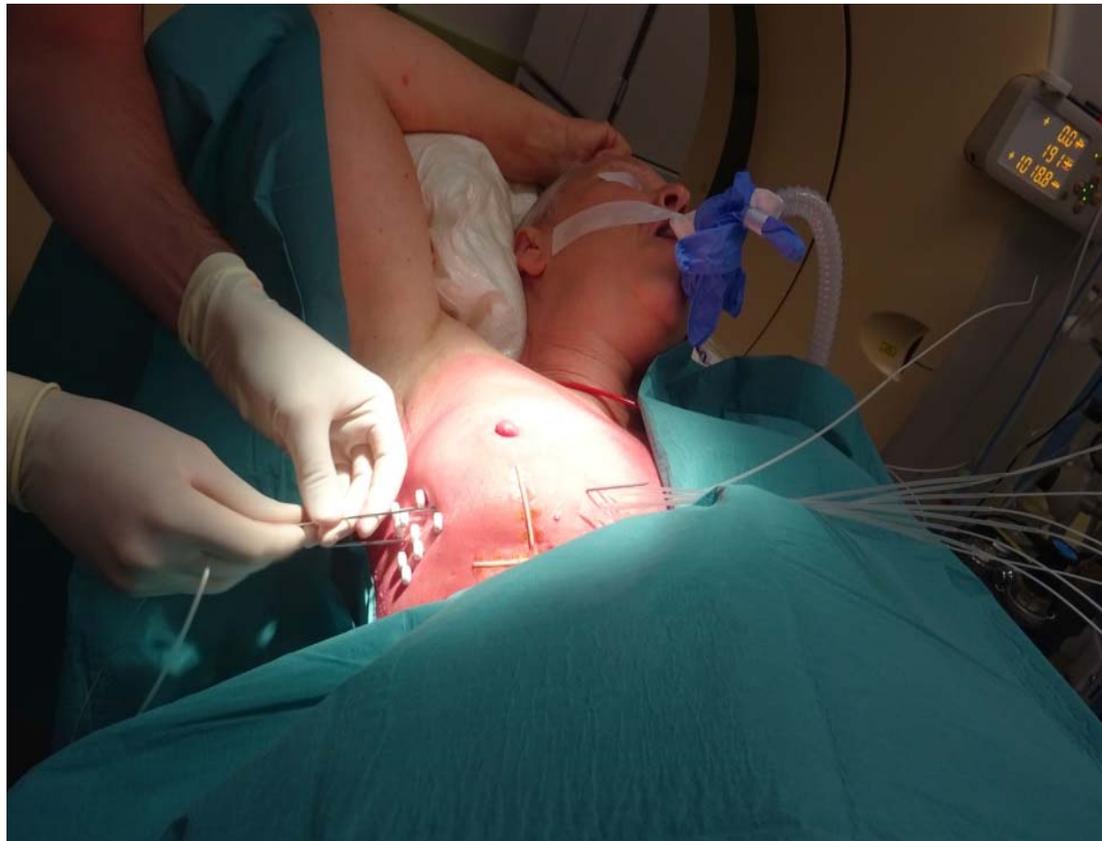
- das Bestrahlungsgerät wird mit Schläuchen an den Pat. verbunden
- die Quelle fährt durch den Schlauch an die vorher berechnete Position im Bestrahlungsvolumen



Beim Spicken erwischt?



Mammaspickung: Spickung



Mammaspickung



Applikatorenanzahl wird individuell festgelegt (Grösse des Tumorbett etc.)



Mammaspickung: tägliche Bestrahlung



Mammaspickung: nach Bestrahlung

nach ca. 10 Tagen



nach ca. 11 Monaten



Fallbeispiel:
Plattenepithel-Ca der Unterlippe (bei RT-Beginn)



Fallbeispiel:
Plattenepithel-Ca der Unterlippe (4 Wochen nach RT-Abschluss)

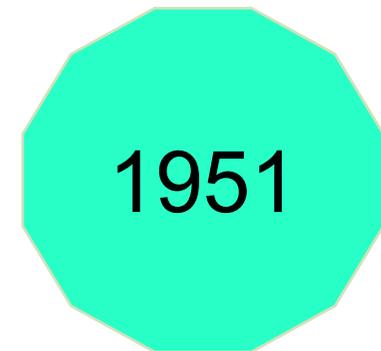


Fallbeispiel:
Plattenepithel-Ca der Unterlippe (6 Monate nach RT-Abschluss)



Kreisbeschleuniger

1951 konstruierte die Schweizer Firma Brown Boveri & Co. (BBC) ein Betatron mit 31 MeV, und Siemens baute in der Folge Betatrons mit über 40 MeV



Stereotaktische RadioTherapie SRT

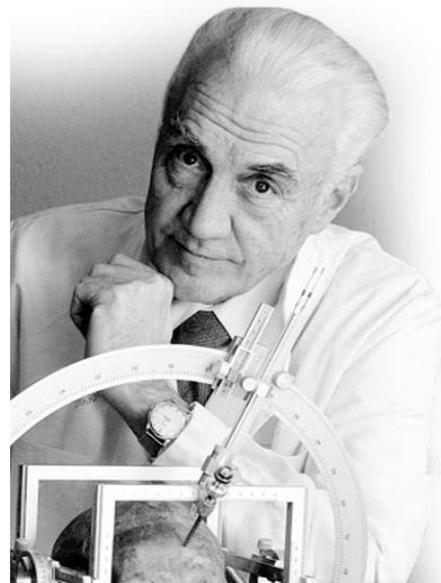
1951 erste Beschreibung der SRT durch Lars Leks

1967 erstes Gamma Knife

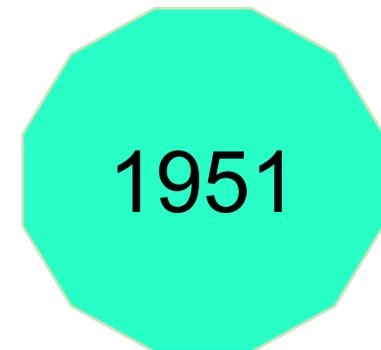
1982 SRT mit Linearbeschleuniger durch Betti

1987 Verbesserung durch Winston und Lutz

ca. 1995 Mikromultileaf



Lars Leks



Was ist Stereotaxie?

=stereotaktische Radiotherapie

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

- Koordinatensystem fixiert zum Patienten
- Geometrische Berechnung des Eingriffsorts
- begrenzt auf kleine Volumen

Die stereotaktische Bestrahlung und die Technik dahinter

Die Weiterentwicklung der Linearbeschleuniger-Geräte ermöglicht heute nicht nur eine präzise Bestrahlung am Schädel sondern auch in anderen Körperbereichen

Im Gegensatz zu der einfachen Fixierung des Schädels mit einer extra für den Patienten angefertigten Maske für eine genaue Lagerung, ist es bei der Bestrahlung ausserhalb des Schädels schwieriger, Organe in gleicher Position zu halten

Bei Lunge und Leber spielen beispielsweise Atembewegungen eine bedeutende Rolle

Die stereotaktische Bestrahlung und die Technik dahinter

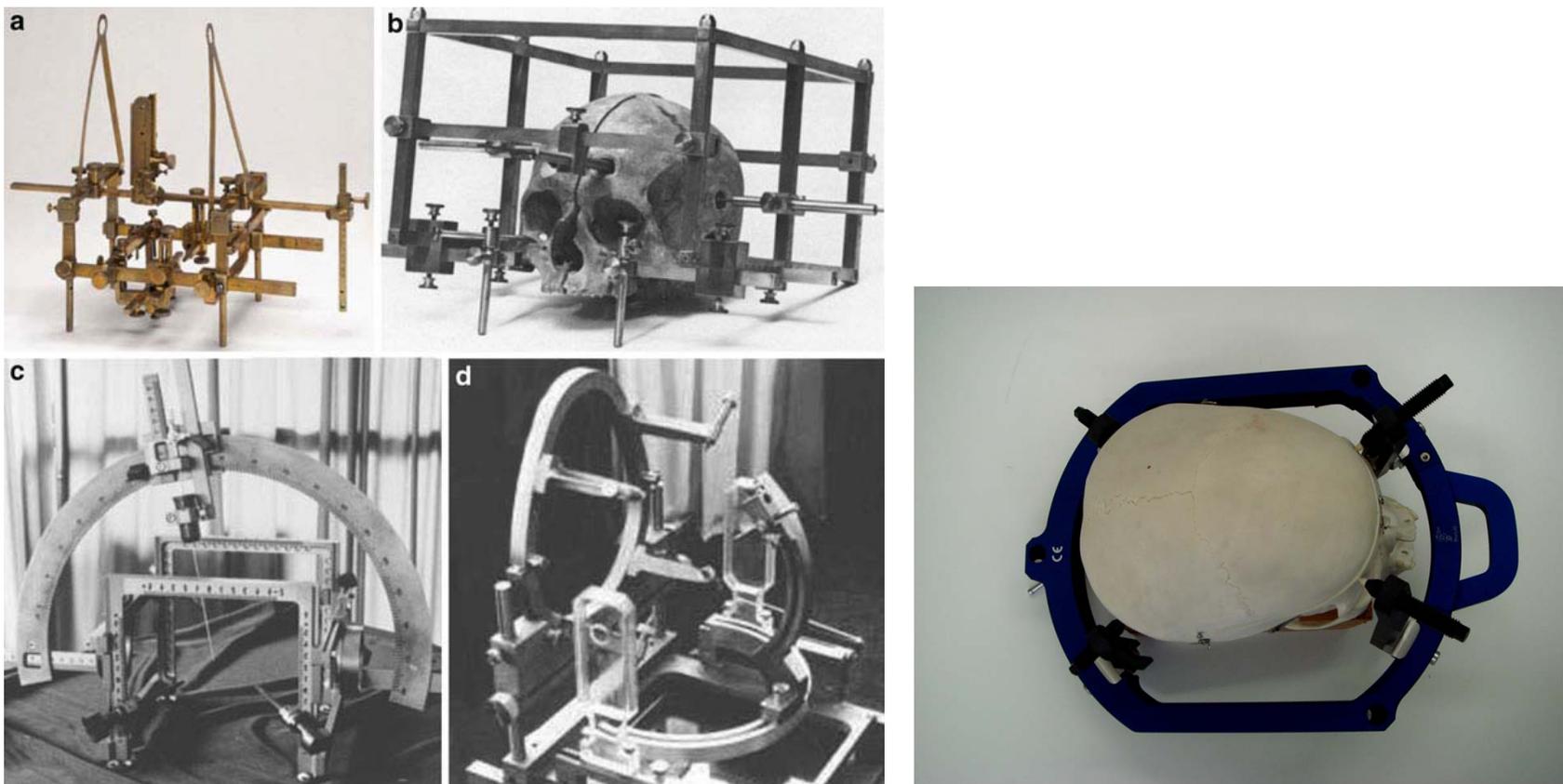
Unsere Stereotaxie-Geräte [Novalis TX](#) und das [CyberKnife](#) ermöglichen die atemabhängige Bestrahlung (Gating/Atemtriggerung) sowie die bildgesteuerte Verfolgung des Tumors (Tracking)

Die Position des Patienten oder der Patientin kann von beiden System in sechs Raumrichtungen korrigiert werden

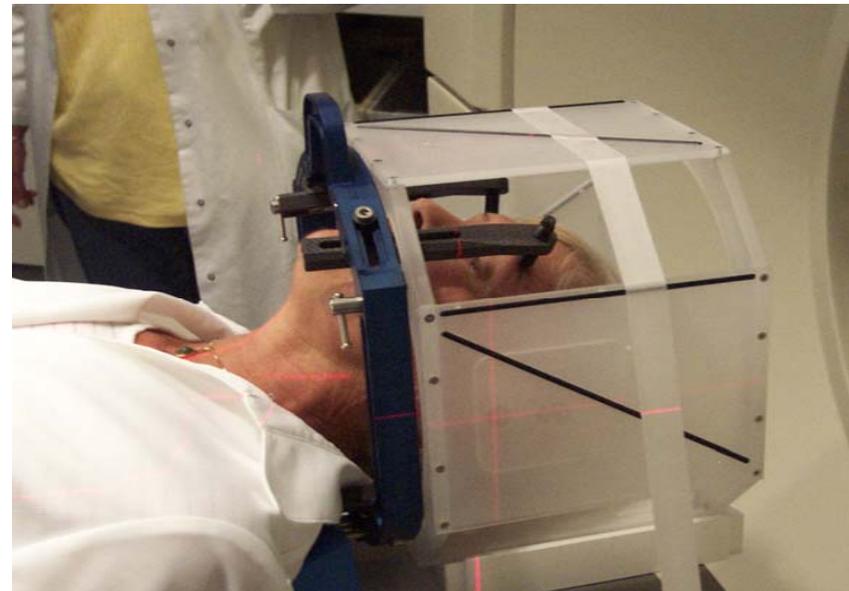
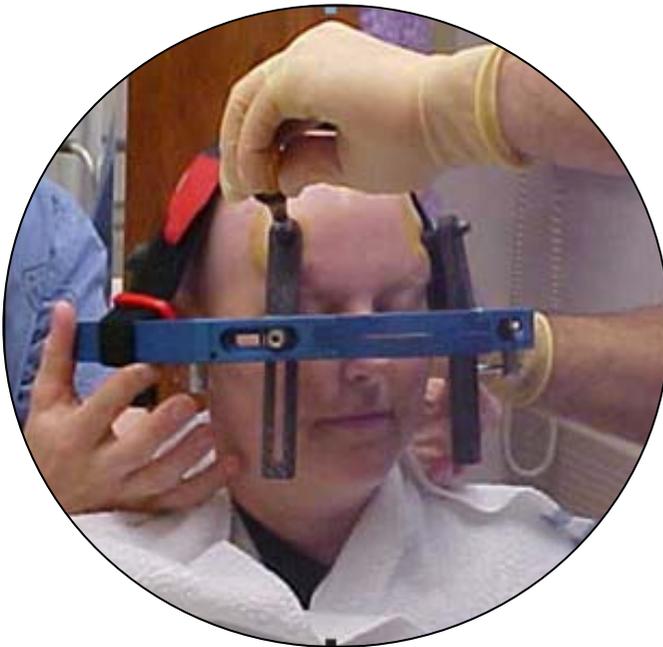
Die stereotaktische Bestrahlung und die Technik dahinter



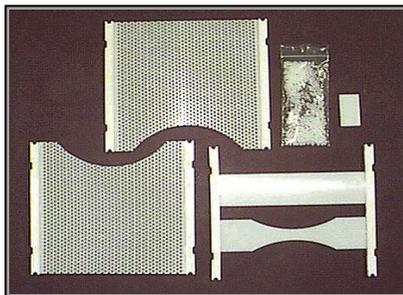
Entwicklung der Positionierung: Schädel



Entwicklung der Positionierung: Schädel

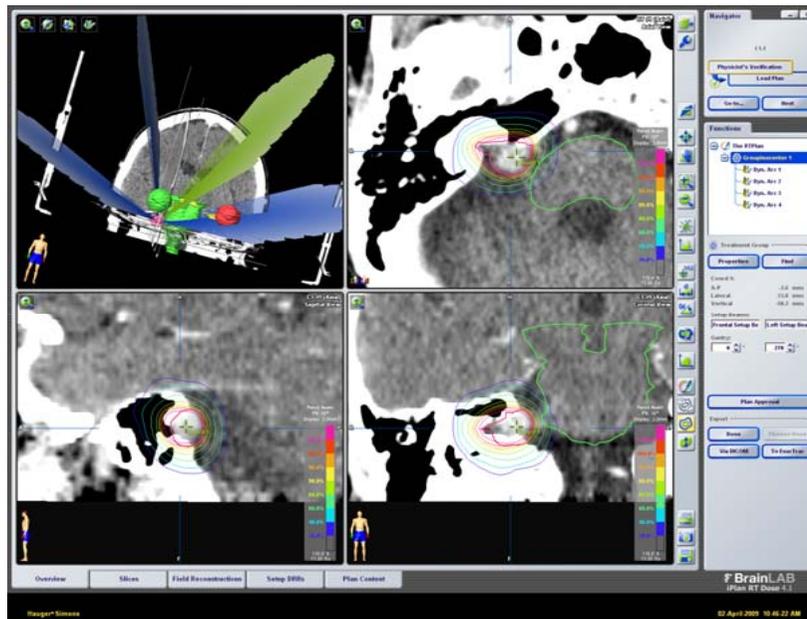


Entwicklung der Positionierung: Schädel



Neue Therapien und technische Innovationen in der Radio-Onkologie

Die stereotaktische Bestrahlung und die Technik dahinter Plan für intrakranielle Bestrahlung am NovalisTx



Die stereotaktische Bestrahlung und die Technik dahinter

Bei uns im Einsatz - das CyberKnife

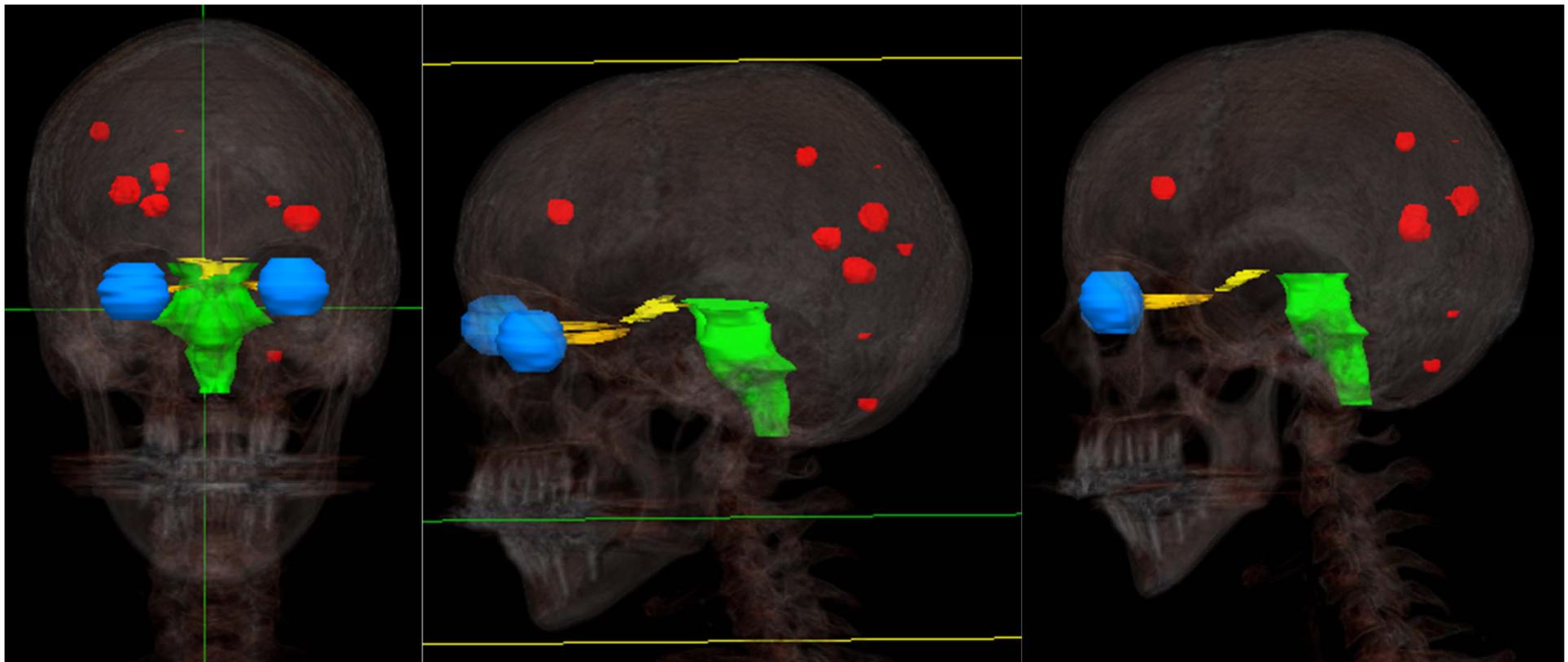
Das Gerät der neusten Generation – [das CyberKnife](#) – besitzt einen hochpräzisen und per Computer gesteuerten Roboterarm, der es nicht nur erlaubt Körperbewegungen (z.B. Atmung) auszugleichen, sondern auch in Echtzeit der Bewegung des Tumors zu folgen

Die Klinik für Radio-Onkologie am Insel Spital ist eine der wenigen Kliniken in der Schweiz, die mit dem CyberKnife stereotaktische Strahlentherapien durchführt

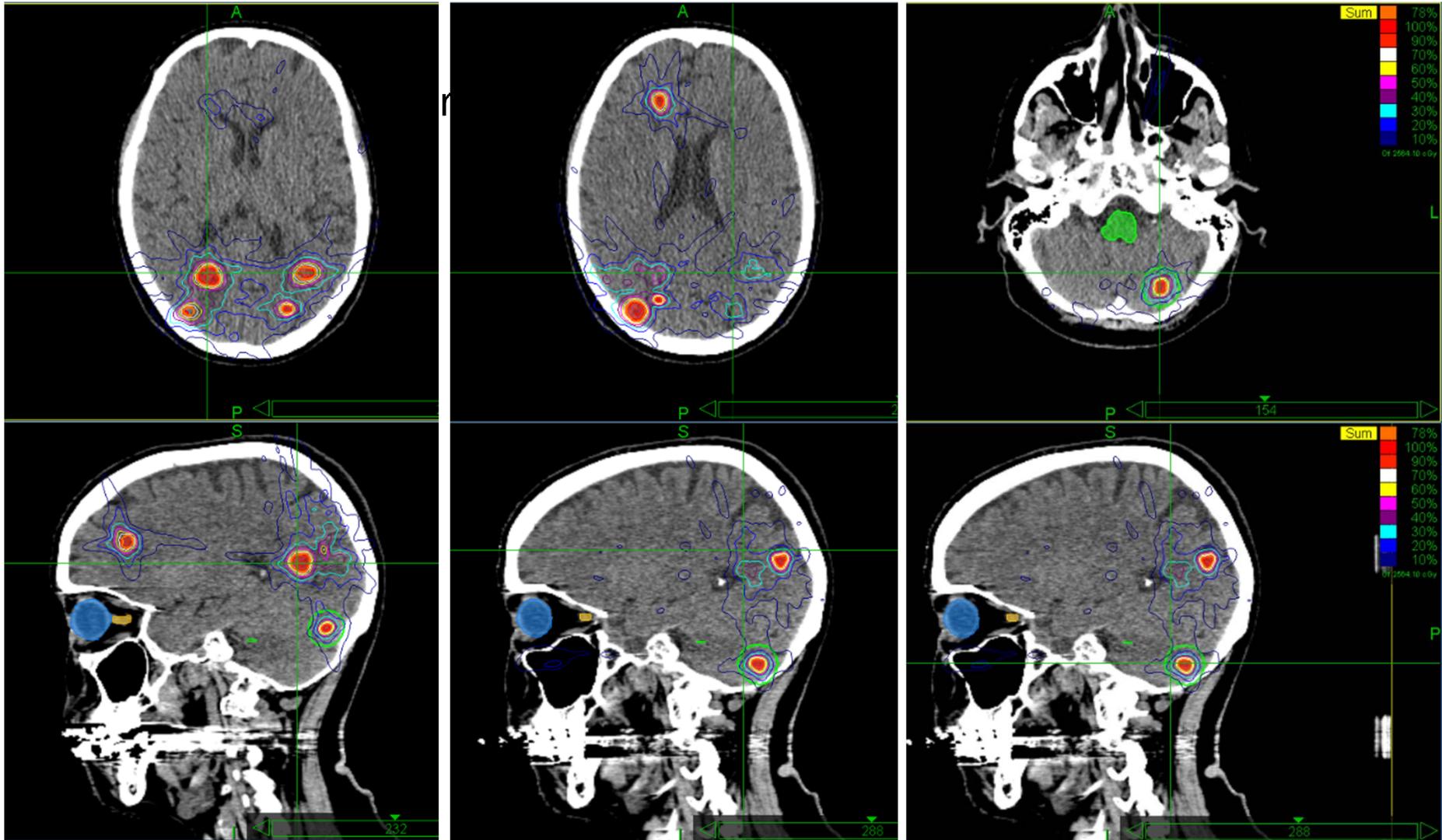
Neue Therapien und technische Innovationen in der Radio-Onkologie



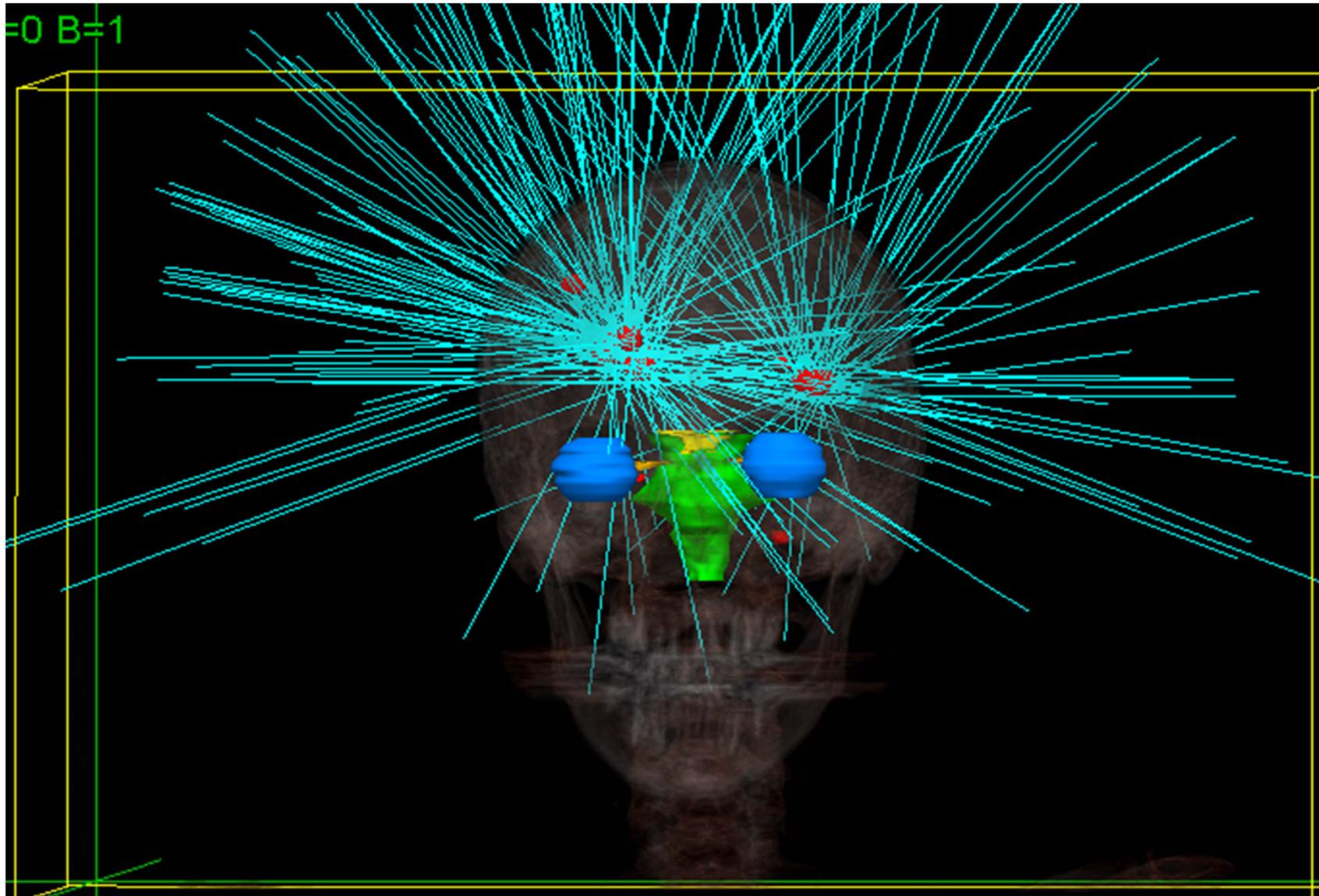
Fallbeispiel – 10 Hirnmetastasen



Neue Therapien und technische Innovationen in der Radio-Onkologie



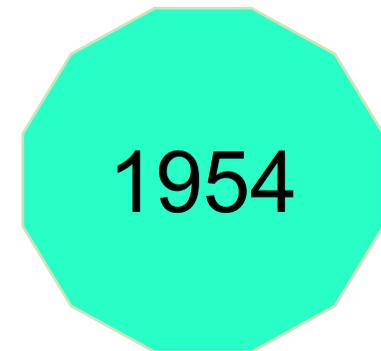
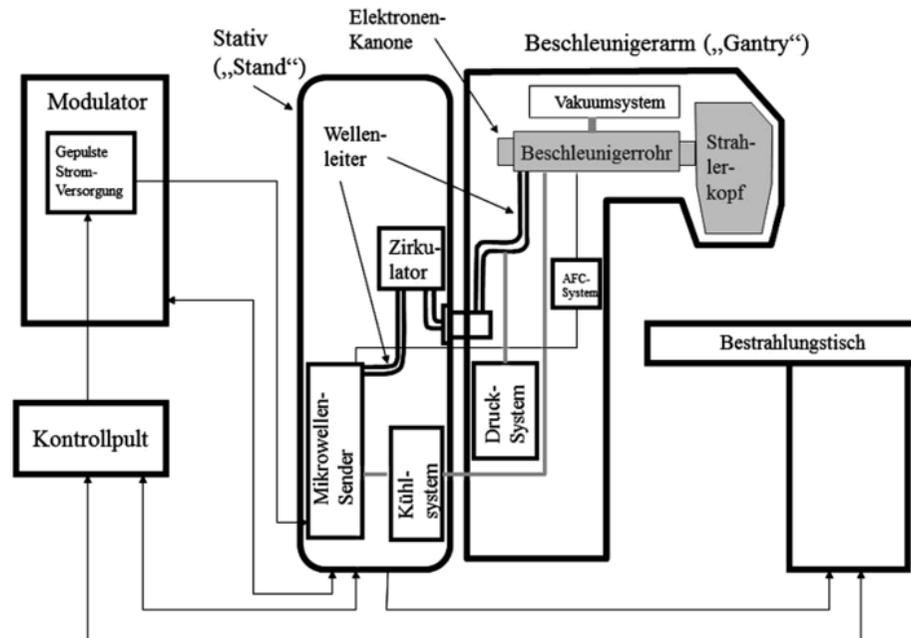
Neue Therapien und technische Innovationen in der Radio-Onkologie



Teilchenbeschleuniger

1954: die ersten Versuche, elektrisch betriebene Teilchenbeschleuniger für die Therapie zu modifizieren

Aufbau des Linearbeschleunigers



Linearbeschleuniger



CT / MRT

Der englische Ingenieur Godfrey N. Hounsfield (geb. 1919) entwickelt den ersten Computertomographen (CT)

Er arbeitet weder an einer Universität noch bei einem renommierten Gerätehersteller, sondern bei der britischen Firma EMI (diese produzierte seinerzeit Schallplatten und elektronische Bauelemente)



1968

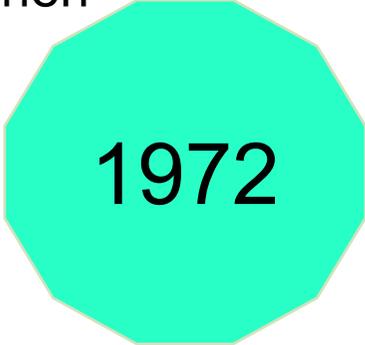
CT / MRT

Kopf-Scanner EMI Mark I.

Diese erste Geräte-Generation hat nur einen einzelnen Detektor, welcher genau gegenüber der Strahlenquelle liegt und mit dieser um den Patientenkopf rotiert

Heutige Geräte besitzen mehr als 4000 Detektoren- es ist also leicht nachvollziehbar, warum die Akquisition einer einzelnen Schicht mehr als 5 Minuten dauerte

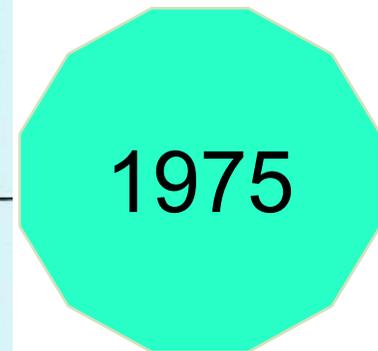
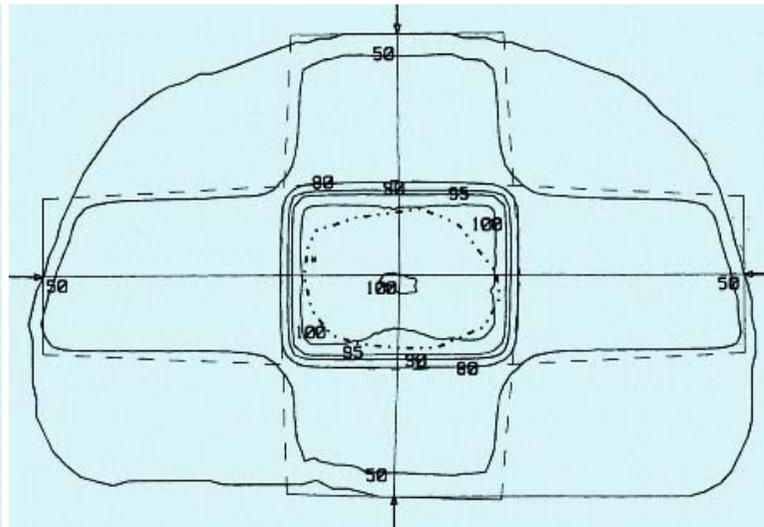
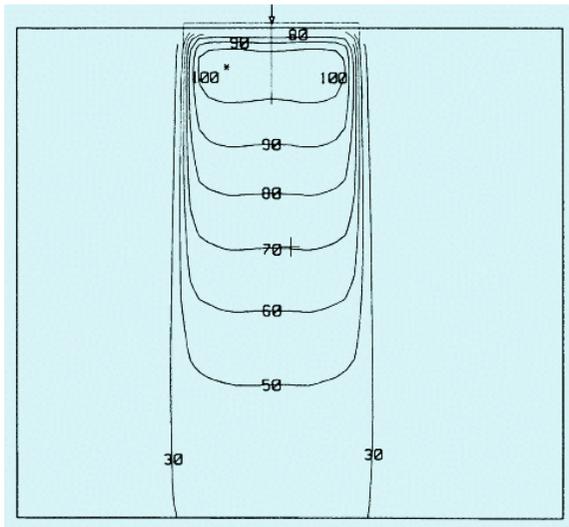
Das erste Gerät wird im Atkinson Morley's Hospital in London aufgestellt



1972

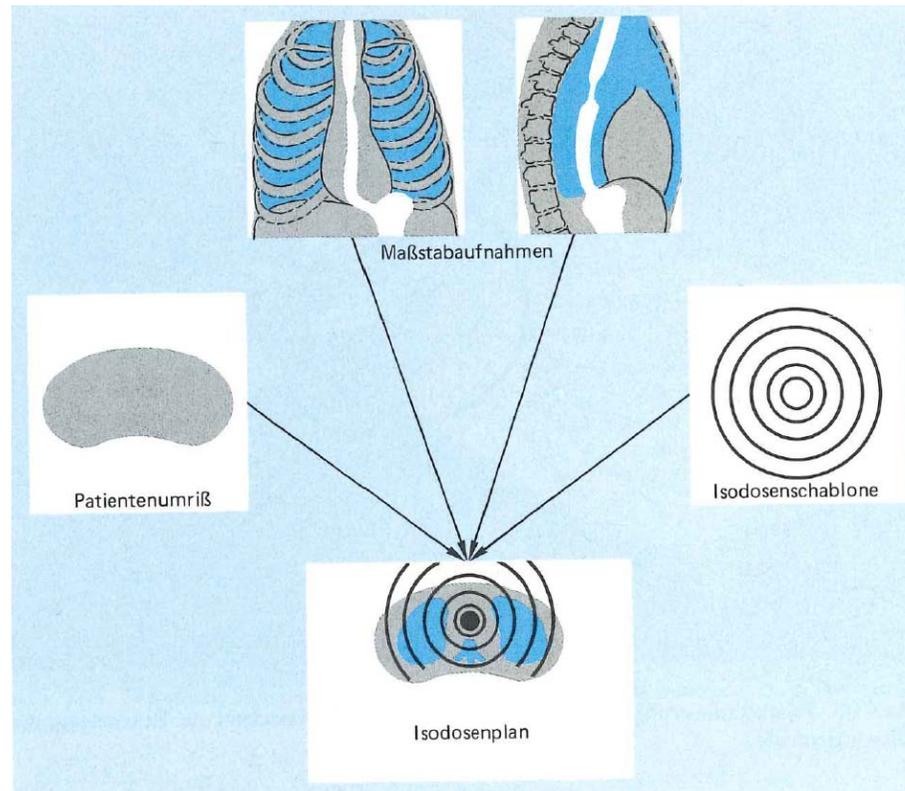
Therapieplanung

Die computergestützte zwei- und später dreidimensionale Bestrahlungsplanung auf der Basis der Computertomografie erlaubt seit der Mitte der siebziger Jahre eine zunehmend individualisierte Therapieplanung mit besserer Schonung von Normalgeweben



Therapieplanung

Prinzip der manuellen Erstellung eines Bestrahlungsplanes

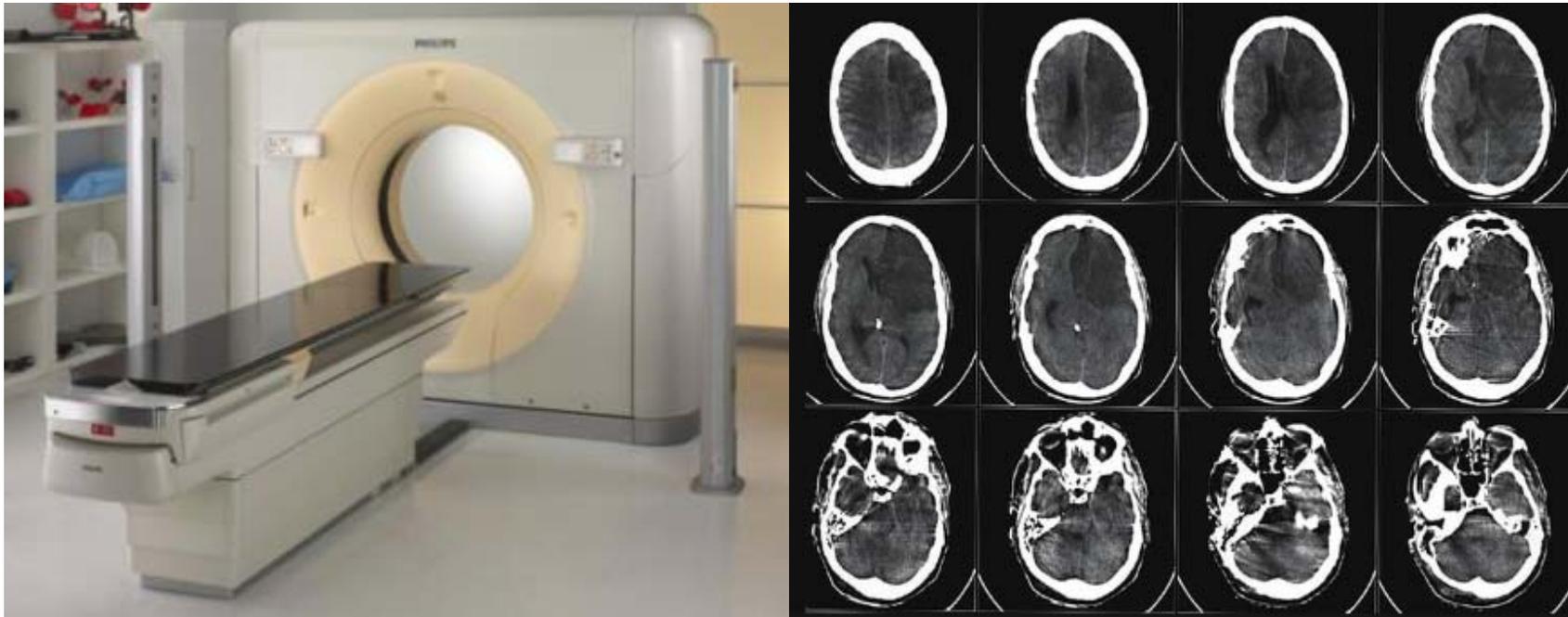


Therapieplanung

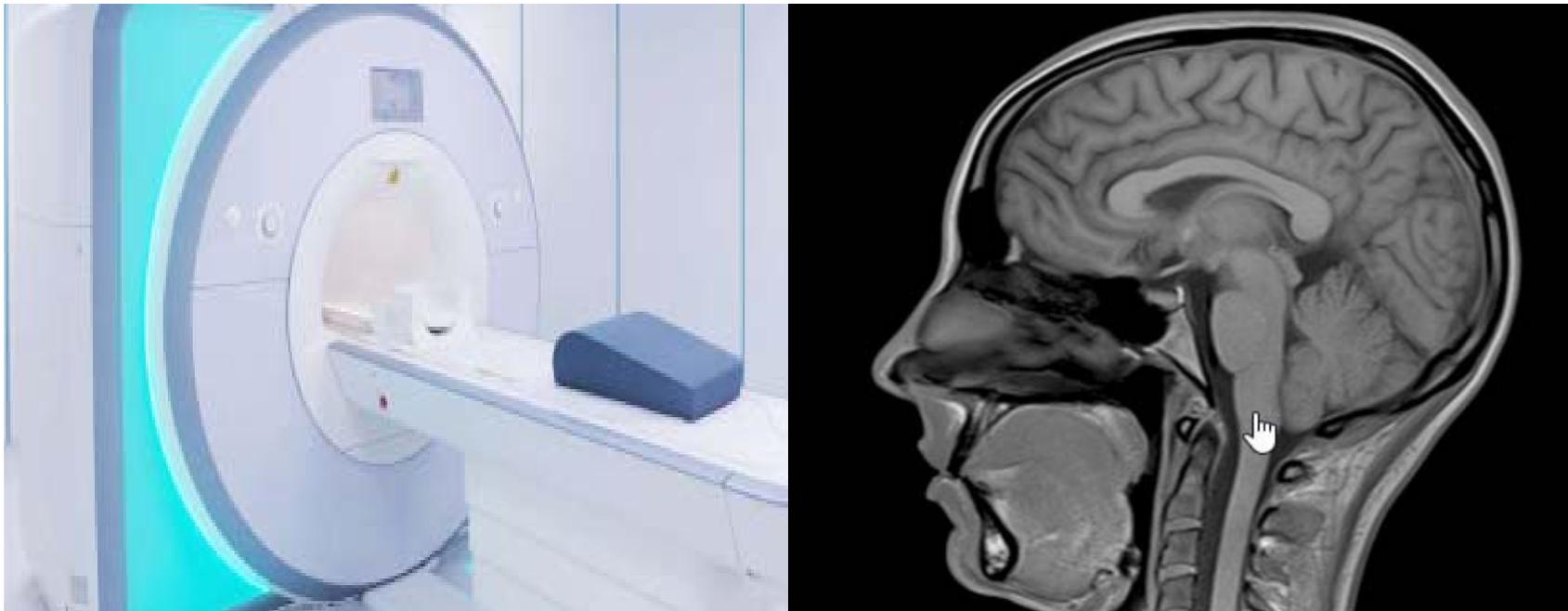
Die Entwicklung der Bildgebung ermöglicht heutzutage Fusionen von allen angebotenen Bildgebungsverfahren:

- CT
- MRT
- PET-CT
- Angiographien

Therapieplanung: CT



Therapieplanung: MRT



Therapieplanung: PET-CT

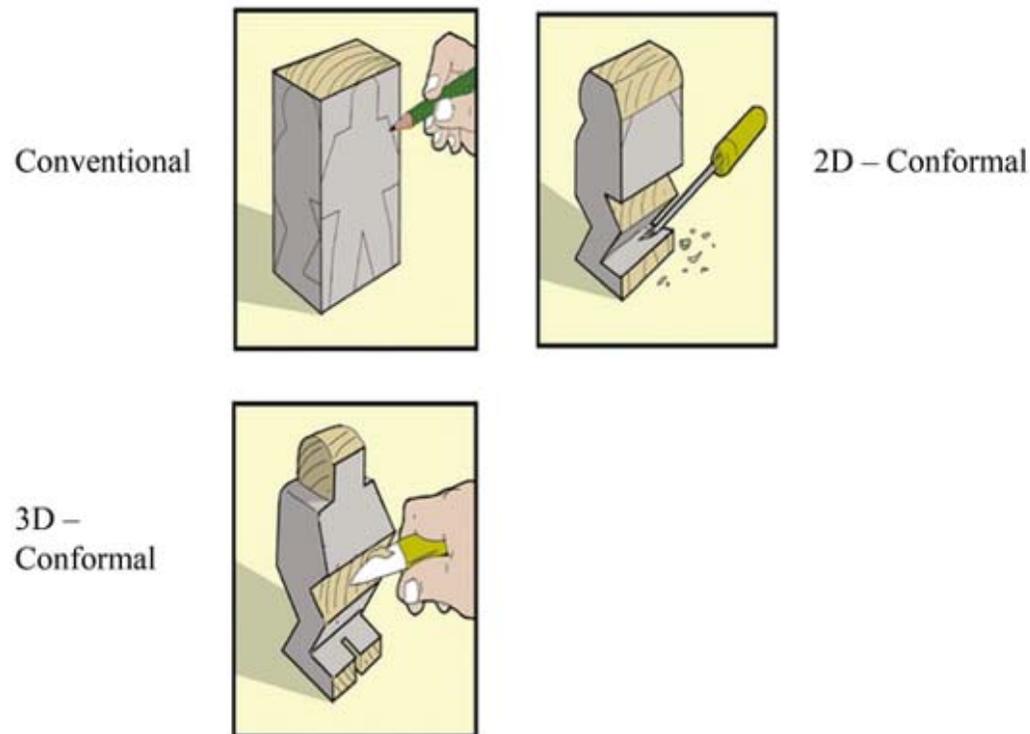


Therapieplanung: Angiographie

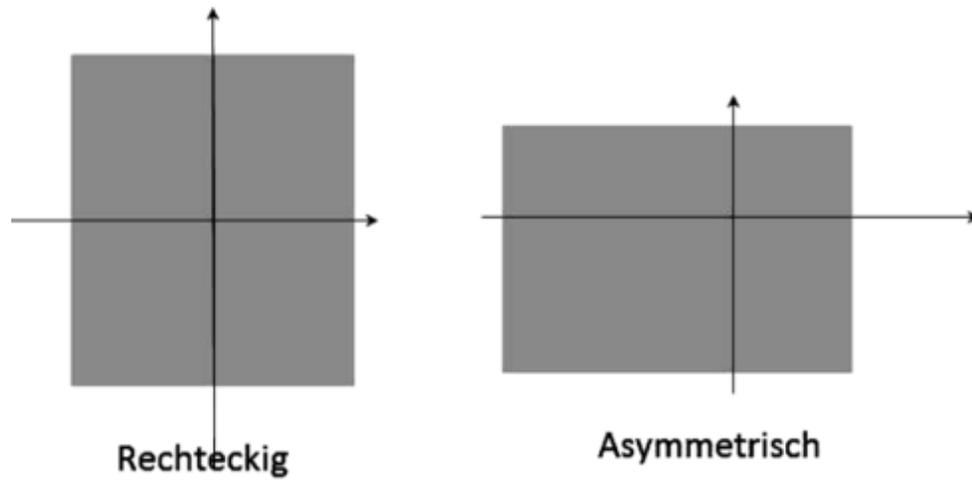


Therapieplanung

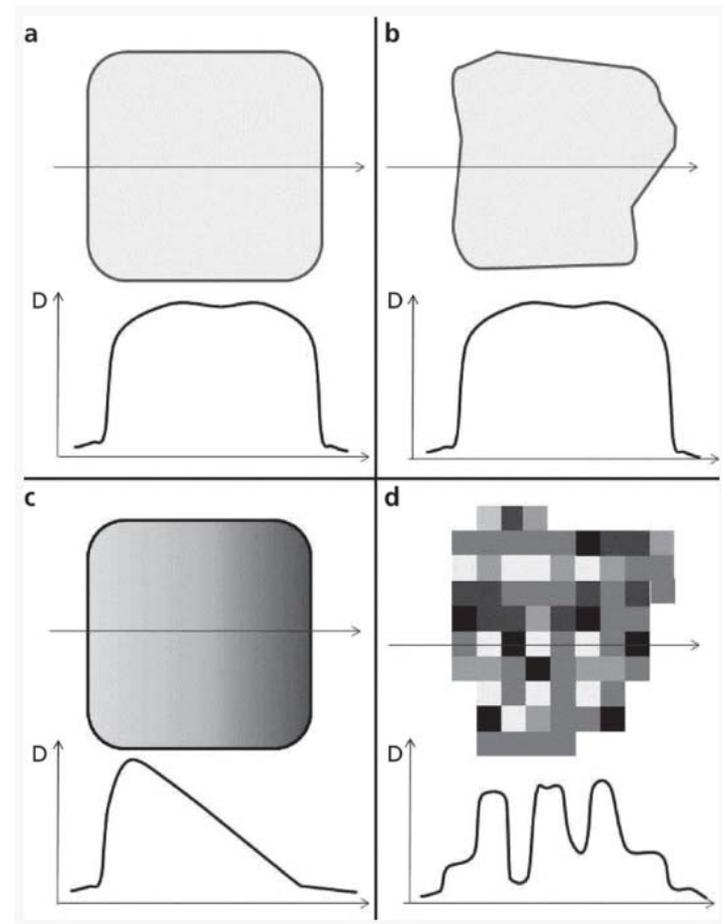
Prinzip der Erstellung eines Bestrahlungsplanes mittels moderner Bild- und Planungssystemen



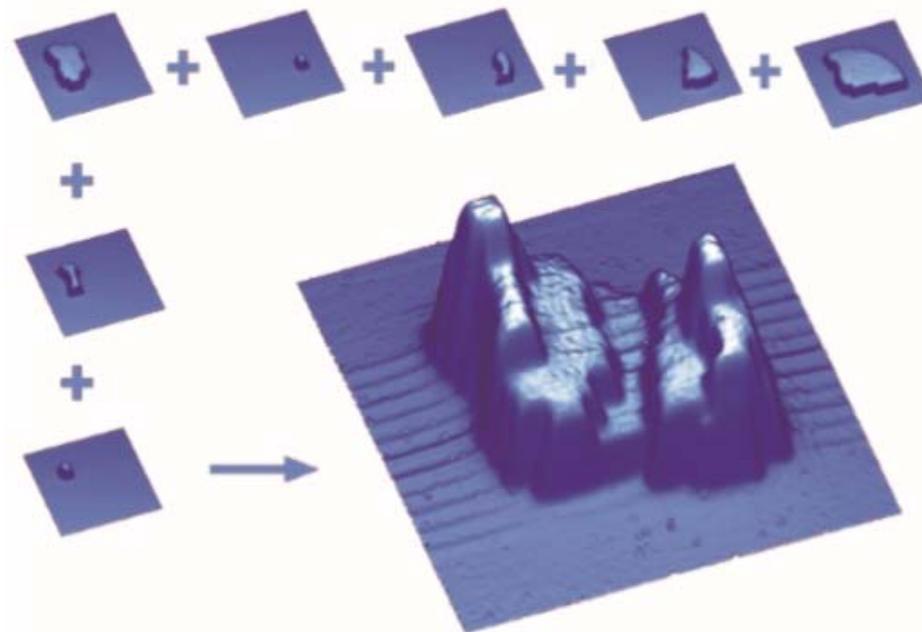
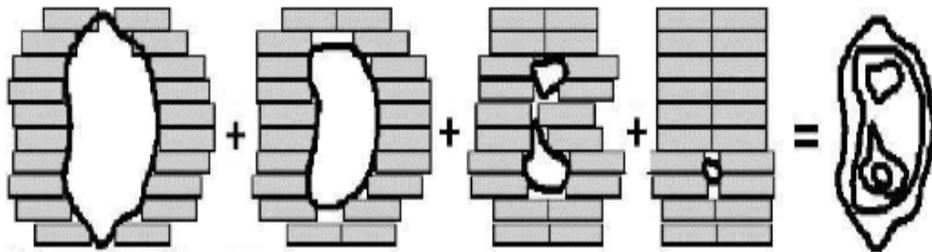
Therapieplanung: Ausblockung - Kompensatoren



Therapieplanung: Ausblockung - Kompensatoren

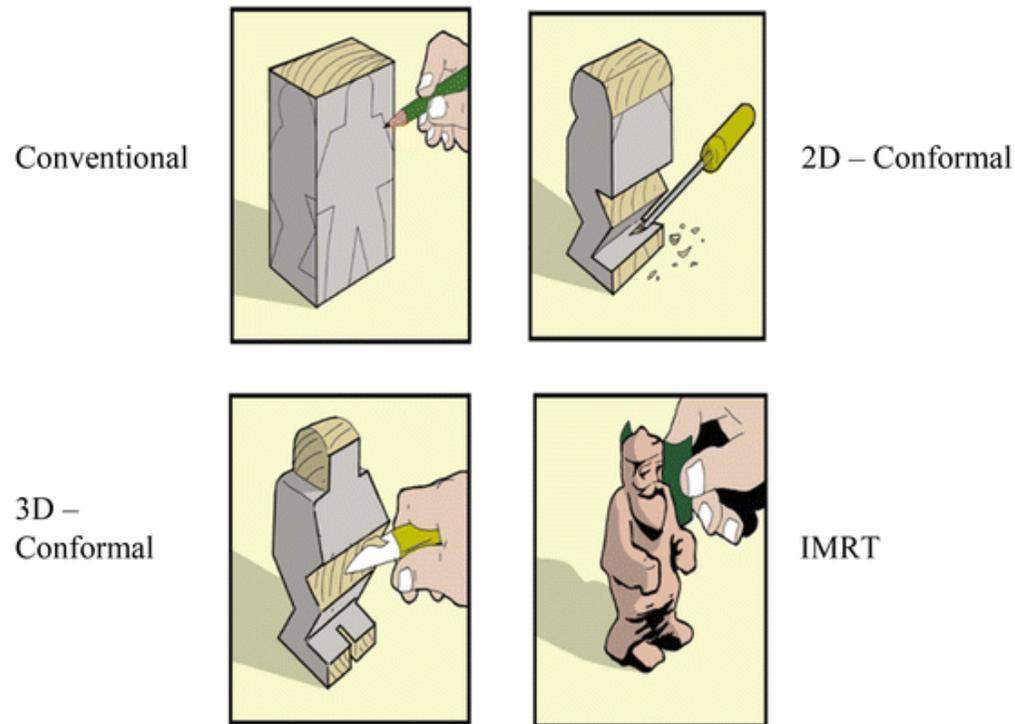


Therapieplanung: Ausblockung - Kompensatoren



Therapieplanung

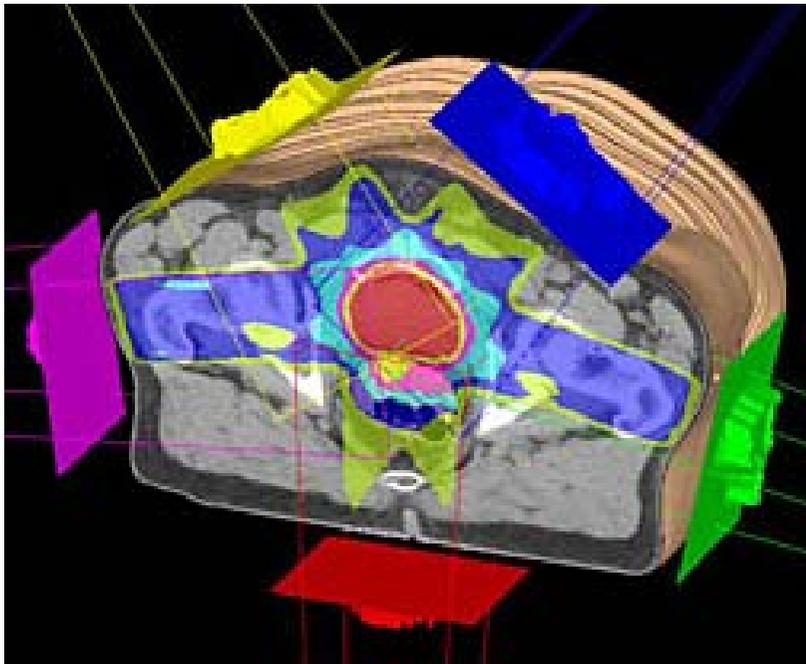
Prinzip der Erstellung eines Bestrahlungsplanes mittels moderner Bild- und Planungssystemen



Neue Bestrahlungstechnik:

intensitätsmodulierte Radiotherapie IMRT

Bleilamellen bewegen sich während Bestrahlung

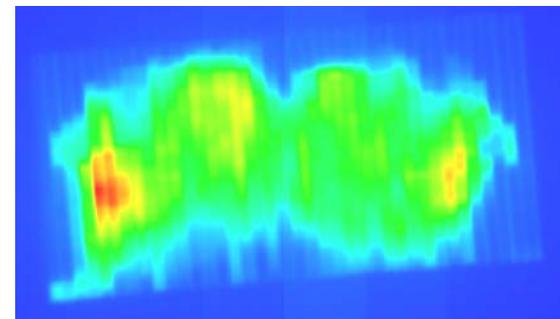
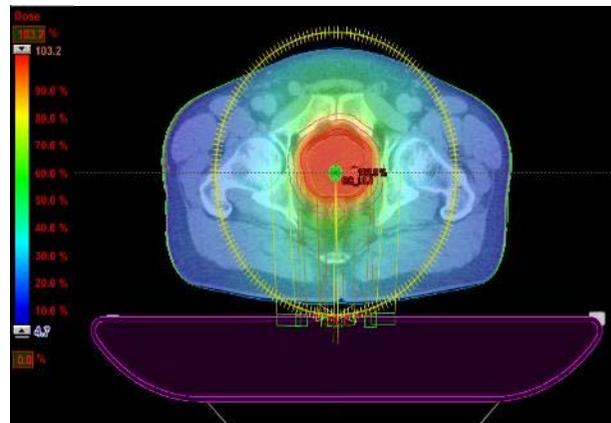


Neue Therapien und technische Innovationen in der Radio-Onkologie

Neue Bestrahlungstechnik:

RapidArc

Bleilamellen und Gantry bewegen sich während Bestrahlung



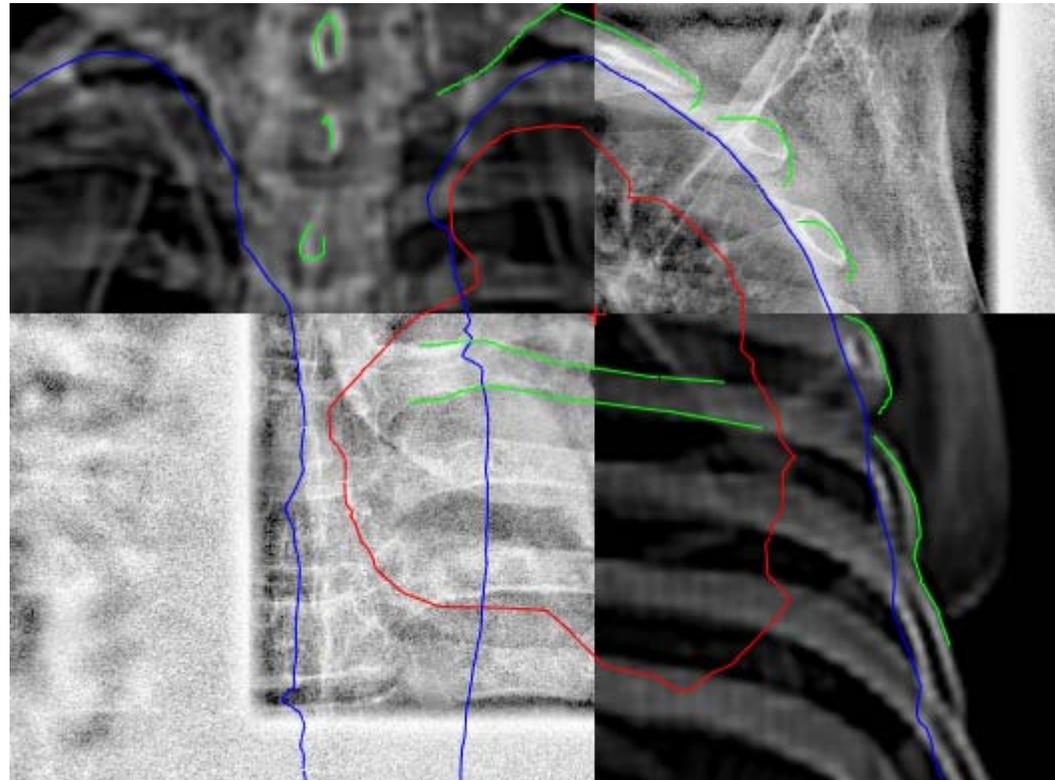
Bildgebung am Bestrahlungsgerät

Linearbeschleuniger mit OBI (OnBoardImaging)



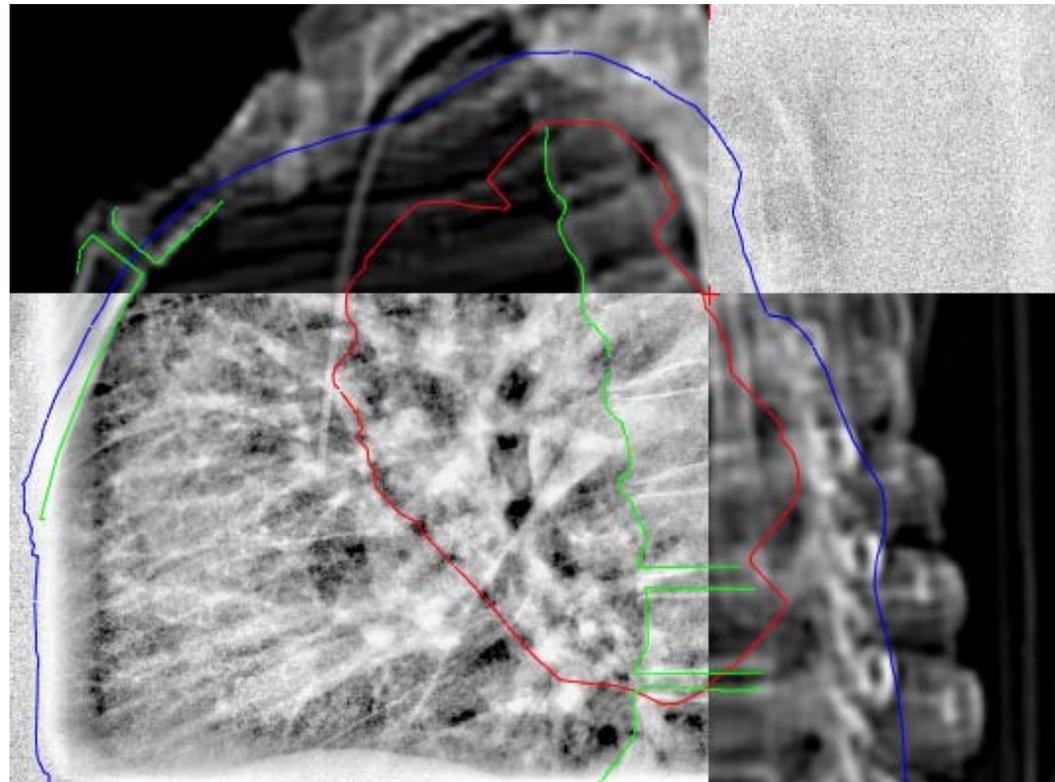
Bildgebung am Bestrahlungsgerät

Linearbeschleuniger: kv-kv Bilder



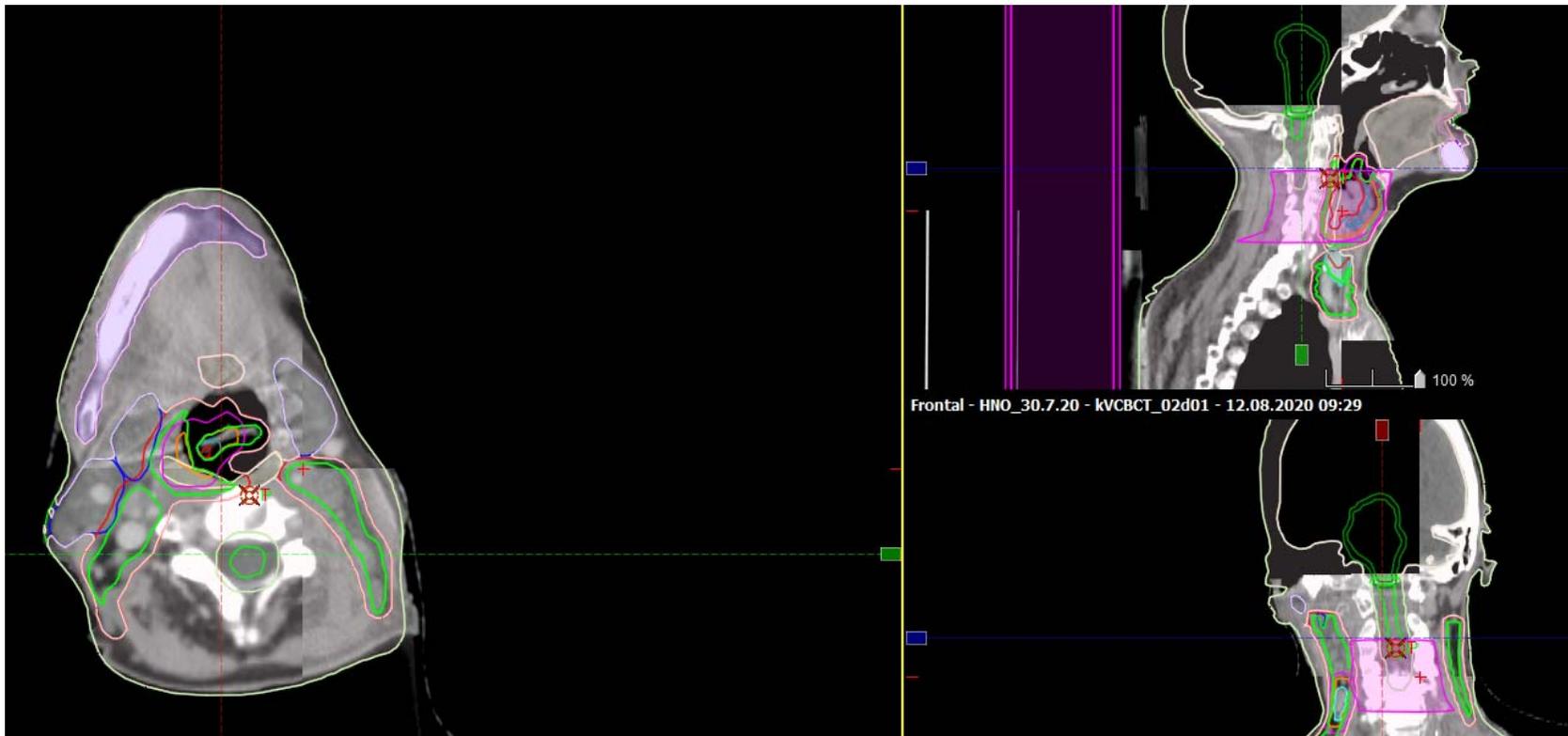
Bildgebung am Bestrahlungsgerät

Linearbeschleuniger: kv-kv Bilder



Bildgebung am Bestrahlungsgerät

Linearbeschleuniger: ConeBeamComputerTomographie CBCT



Bildgebung am Bestrahlungsgerät

Tomotherapie



Positionierung des Patienten: Lagerungshilfen - Laser



Positionierung des Patienten: Oberflächenscanner

Mit 3D-Stereokameraeinheiten verfolgt das System die Hautoberfläche in Echtzeit und vergleicht sie mit einer submillimetrischen Genauigkeit mit der idealen Position, so dass die Strahlung nur dann abgegeben wird, wenn der Patient korrekt positioniert ist

Wenn sich der Patient aus der gewünschten Position bewegt, kann das System dem Behandlungsabgabesystem automatisch signalisieren, die Bestrahlung anzuhalten

Positionierung des Patienten: Oberflächenscanner

Der Patientenkomfort wird erhöht, da mit dem Oberflächenscanner keine Tätowierungen oder zusätzliche Markierungen erforderlich sind

Das System ist sicher, nicht invasiv und kann zur schnellen und genauen Einrichtung und Überwachung von Patienten verwendet werden



Positionierung des Patienten: Atmung: ein-ausatmen, nicht atmen

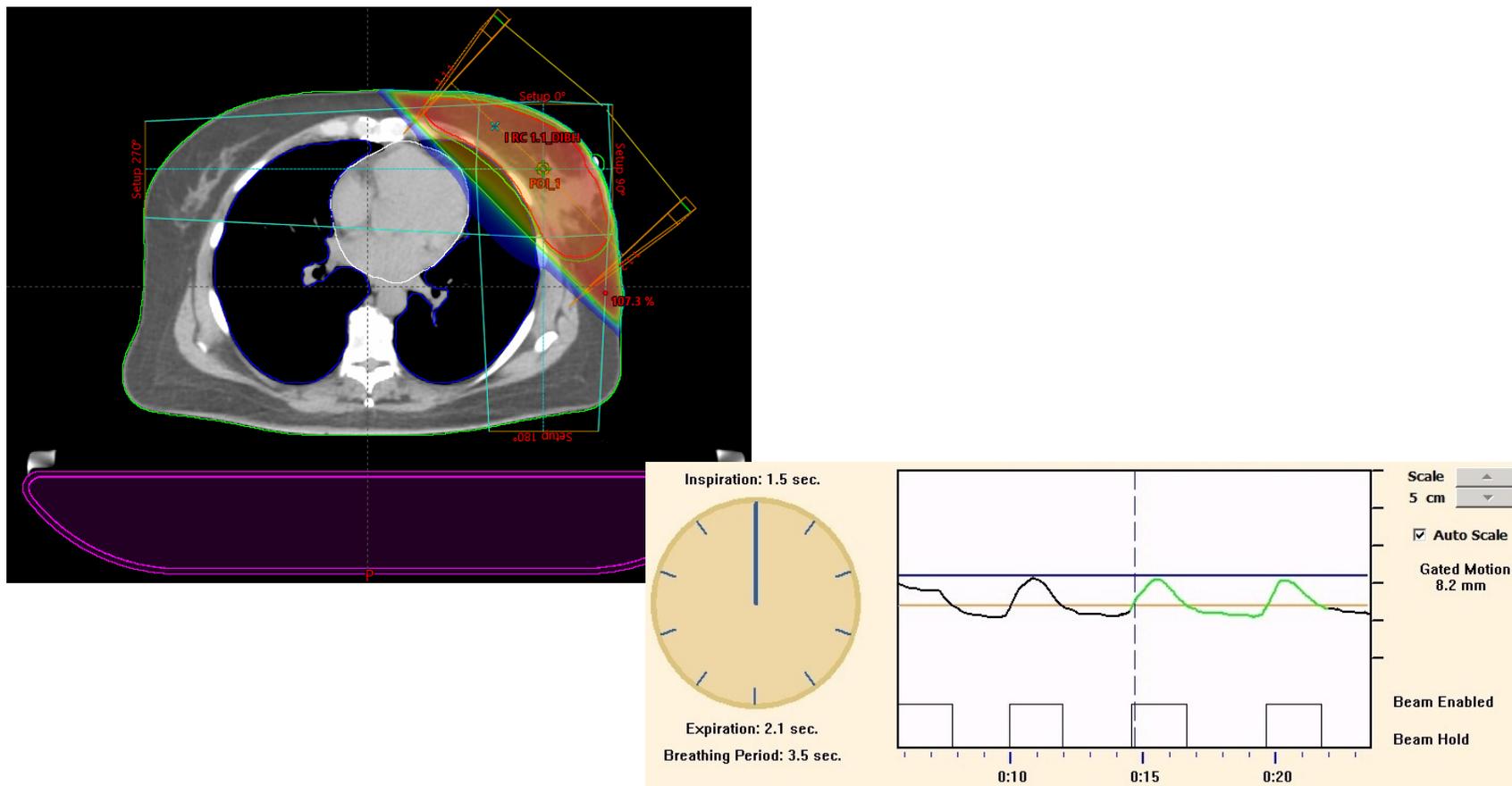
Beim Atmen ändert sich dauernd der Füllungszustand der Lungen und damit auch die Position der Brüste zum Herz:

Bei vollem Einatmen entfernt sich insbesondere die linke Brust vom Herz

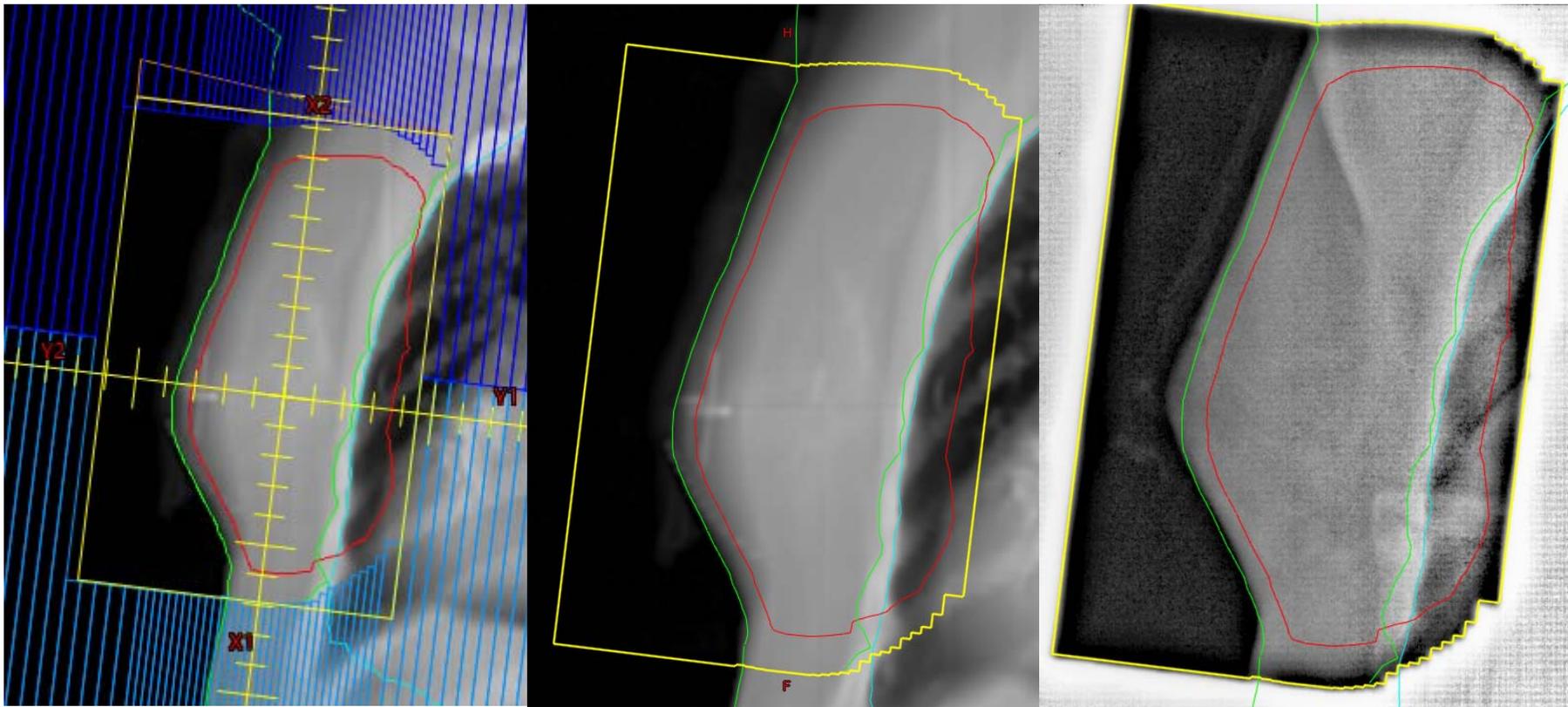
Diesen Effekt nutzt man bei der Bestrahlung von Patientinnen mit linksseitigem Brustkrebs: Der Bestrahlung erfolgt nur, wenn die Patientin eingeatmet hat und das Herz optimal geschont werden kann
Bei der Ausatmung stoppt die Bestrahlung kurzfristig bis zum nächsten Einatmen

Die Beschränkung der Bestrahlung auf die Einatmungsphase nennt man Gating (englisch «Steuerung»)

Positionierung des Patienten: Gating - DIPH

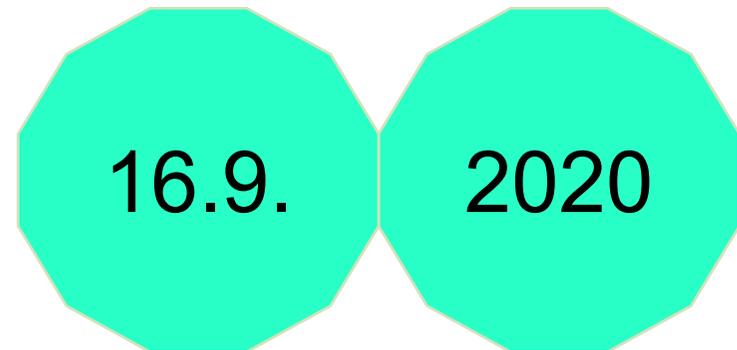


Positionierung des Patienten: Gating - DIPH



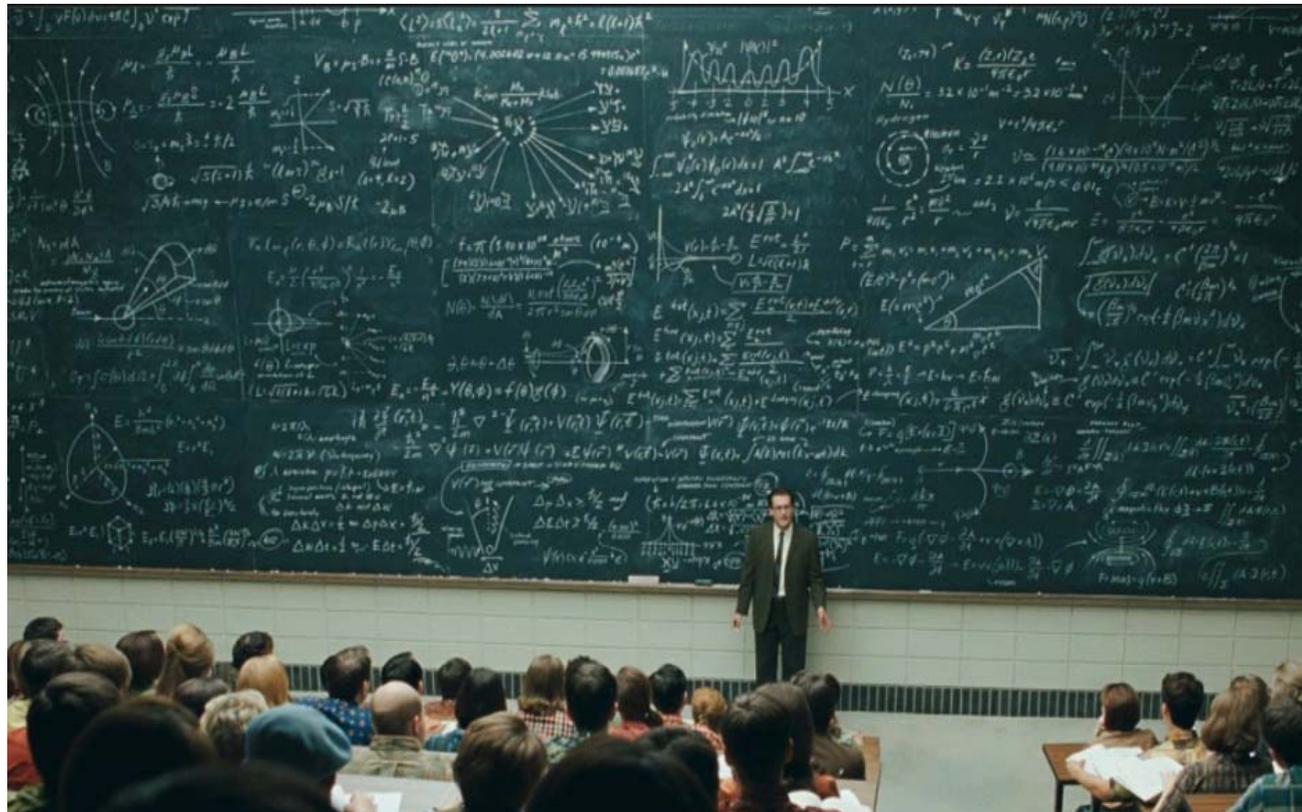
Neue Therapien und technische Innovationen in der Radio-Onkologie

Heute



Neue Therapien und technische Innovationen in der Radio-Onkologie

Morgen ? ? ?



2030

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

