

# Therapieplanung

## Einführung

Die Therapieplanung ist eine unabdingbare Komponente innerhalb der Radio-Onkologie und legt innerhalb des Betriebsablaufes die nachfolgende Bestrahlung fest. Die Bestrahlungsplanung hat in der Radio-Onkologie eine lange Vorgeschichte und durchlief mehrere Entwicklungsstufen. Während man früher Tiefendosisverläufe und resultierende Dosisverteilungen ausschliesslich von Hand durchführte, wurden im Laufe der Zeit diese rechenintensiven Prozesse immer mehr von Computern übernommen. Heutzutage sind die Computer in diesem Bereich unabdingbar, da sie uns erlauben, verschiedene Therapiemöglichkeiten zu berechnen, die noch vor ein paar Jahren als undenkbar galten. Die Entwicklung wird sich auch hier in Zukunft noch weit mehr entwickeln als man sich das derzeit vorstellen kann.

## Geschichtliche Hintergründe

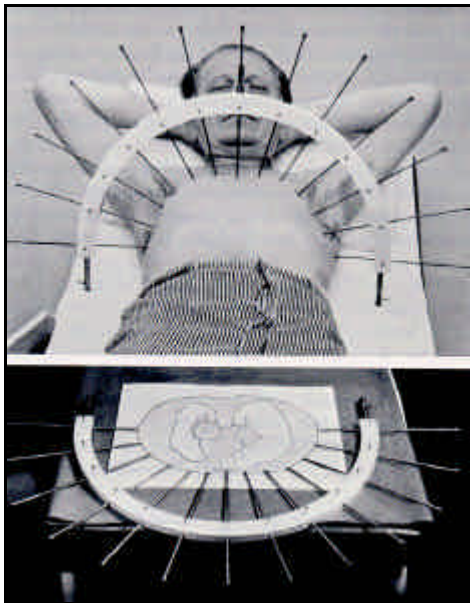
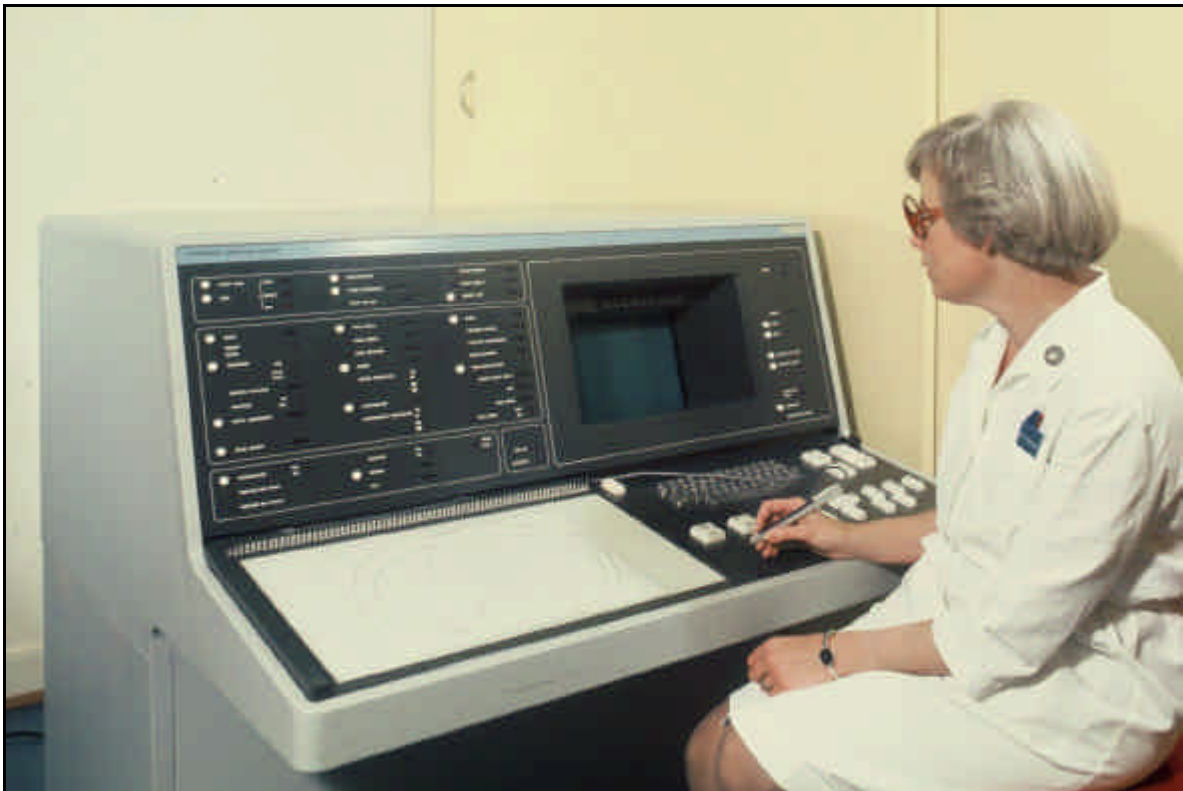


Abbildung 1: Abtastbogen für Körperformen (aus „Die Supervolttherapie“, 1961).

Eine Therapie erfordert in jedem Falle auch immer eine Planung. Diese Planung wurde früher in aller Regel über Handberechnungen von möglichen Isodosenverläufen erstellt. Teilweise war das nur in grober Annäherung möglich, weil man den Tumor nicht immer sichtbar machen konnte. Körperformen wurden z.B. über einen Abtastbogen erfasst und dann auf ein Millimeterpapier übertragen, wo dann aus einem Körperatlas die jeweiligen Organe und soweit möglich der Tumor übertragen wurden (siehe Abb. 1). Über diese Körperquerschnitte wurden dann z.B. transparente Folien mit Isodosenverläufen gelegt, damit Fragen über Herddosis und/oder Schonung von strahlenempfindlichen Organen beurteilt werden konnten. Ein besonderes Problem hatte man auch damals schon in dem nicht zu vernachlässigenden lufthaltigen Lungengewebe gesehen.

Im Jahre 1973 reisten eine Planungsassistentin der Radio-Onkologie und ein Medizin-Physiker der Radiologischen Physik von Basel nach Den Haag zu Dr. J. van de Geijn, um bei ihm die computerisierte Bestrahlungsplanung zu erlernen [1]. Die beiden kehrten nach einer Woche mit vielen Kenntnissen und etwa 2'000 Lochkarten zurück, mit deren Hilfe auch in Basel die computerisierte Bestrahlungsplanung Einzug hielt. In den folgenden zwei Jahren mussten für jeden Patienten in der ehemaligen ZED (Zentrale elektronische Datenverarbeitung, Basel-Stadt) Lochkarten gestanzt und in das Computerpro-

gramm integriert werden, das am gleichen Ort installiert war. Im Jahre 1975 wurde am Kantonsspital Basel einer der ersten kommerziell gefertigten Planungsrechner der Firma Philips in Betrieb genommen [2]. Das Programm (identisch mit dem oben erwähnten Programm von van de Geijn) erlaubte es, sowohl Teletherapie wie auch interstitielle Therapien (vgl. Beitrag über „Radiologische Physik und Brachytherapie“) zu berechnen. Als Vorläufer der heutigen Planungssysteme hatte dieses Planungssystem auch schon die wesentlichen Modalitäten, wie sie auch heute noch bei der Planung zum Einsatz kommen. Verglichen mit den heutigen Therapieplanungssystemen erschien dieser Planungsrechner sehr gross und voluminös und kann natürlich nicht mit den heutigen Rechnersystemen verglichen werden. Nichtsdestotrotz hat er die sehr zeitaufwendige Planung „von Hand“ mit einem Schlag wesentlich vereinfacht. Die Zeitreduktion durch diese Computerplanung war im Durchschnitt, was die Rechenzeit anbelangt, um den Faktor 300 gesenkt worden. Der Rechner, ein 16bit System, war mit einem 32 kByte Speicher ausgerüstet, das Programm war in Fortran IV geschrieben.



*Abbildung 2: Das erste kommerzielle Bestrahlungsplanungsplanungssystem im Kantonsspital Basel (1975 – 1987).*

Das System konnte 9 parallele Querschnitte, jeder Querschnitt mit bis zu 3 inhomogenen Geweben, verarbeiten [1]. Die Querschnitte und internen Strukturen mussten über einen Ultraschallgriffel eingelesen werden (siehe Abb.2). Von 1975 bis 1982 wurden mit diesem Therapieplanungsrechner rund 2500 Betriebsstunden erreicht, bzw. 6 Betriebsstunden pro Woche. In einer Woche wurden so zwischen 25 und 30 Patienten mit je 2 - 3 Plänen bearbeitet.

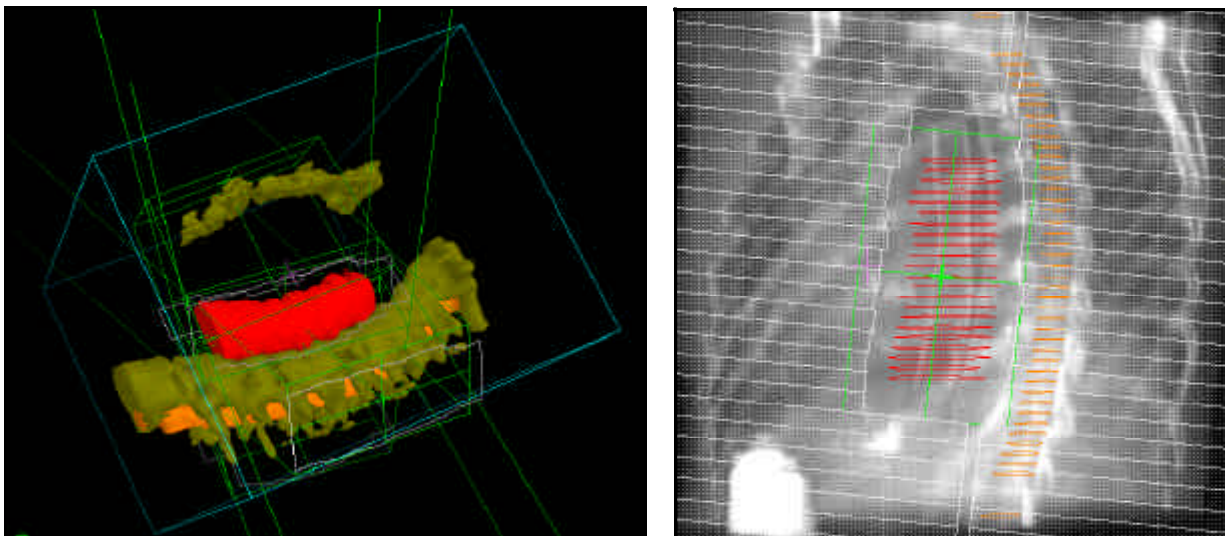
Das erste Therapieplanungssystem dieser Art wurde durch das Nachfolgemodell, das Oncology Support System (OSS) ersetzt, das bis ins Jahr 1997 seinen Dienst in der

Radio-Onkologie Basel verrichtet hat. Eine wesentliche Weiterentwicklung dieses OSS Systems war, dass nunmehr direkt mit CT-Schichten, die über Floppy Disks eingelesen werden konnten, geplant wurde. Die CT-Schichten wurden zudem auch direkt in entsprechende Elektronendichten transformiert. Über eine Vielzahl solcher Schichten war es jetzt auch möglich, dreidimensionale Patientenvolumina zu bearbeiten und geometrisch genauer zu rechnen. Entsprechende Rekonstruktionen ermöglichten es, eine genauere Einsicht in das Planungsgeschehen zu erhalten. Zielvolumina konnten direkt über einen Lichtgriffel am Bildschirm in den Computer eingegeben werden. Als Photonen Beam Algorithmus kam ein von van de Geyn modifizierter TMR-Algorithmus zum Einsatz.

## Heutige Planung

Im Jahr 1997 wurde eine neue Generation von Planungsrechnern im Institut für Radio-Onkologie eingeführt. Es handelte sich um zwei Focus Planungsrechner der Firma CMS mit Digitizer, DAT tape, Bilddokumentation sowie online-Verbindungen zu CT und Multi-Leaf-Collimator (MLC). Diese Computer sind mit einem Unix-Betriebssystem ausgestattet, das eine hohe Rechenleistung erlaubt.

Bei der Installation konnten dreidimensionale Patientendaten in Form von transversalen CT Schichten verarbeitet werden. Rekonstruktion und Darstellung können sowohl volumetrisch als auch schichtbezogen erstellt werden.



*Abbildung 3: 3D-Volumendarstellung eines Oesophagus-Carcinoms mit Bezug zum Rückenmark.*

Mit der Einführung dieser beiden Systeme war man erstmals in der Lage, MLC direkt während der Planung einzusetzen und einzelne Leafs entsprechend den Erfordernissen abzuändern oder organspezifisch zu konformieren. Entsprechend geplante MLC-Einstellungen können direkt „online“ an den jeweiligen Beschleuniger zur Integration in ein Patienten File geschickt werden. Nachdem anfänglich noch ein 2D-Algorithmus (Clarkson) verwendet wurde, konnte in den darauffolgenden Jahren eine neue Generation von Algorithmen (Convolution und Superposition) eingeführt werden. In Vergleich zum

Algorithmus von Clarkson, der sehr genau homogene Medien rechnet, gibt es grössere Abweichung in inhomogenen Medien, wie z.B. in der Lunge. Grosse Abweichungen sind insbesondere bei hohen Energien und kleinen Feldgrössen zu erwarten. Einen wesentlichen Fortschritt gab es ebenso im Bereich der Zielvolumendefinition durch die Einführung der sogenannten „Focal“ Produktlinie. Zielvolumina können jetzt auf einem separaten PC vom Arzt eingezeichnet und anschliessend wieder an den Planungsrechner zurückgeschickt werden. Durch diese Prozedur werden die Planungsrechner nicht mehr blockiert. Das gleiche gilt für bereits fertiggestellte Pläne, die jetzt „offline“ an diesem PC vom Arzt begutachtet werden können.

Eine ebenso völlig neue Möglichkeit erschliesst sich mit der CT-MR Image Fusion, die auch auf einem solchen PC ausgeführt werden kann. Dabei werden die dreidimensionalen Datensätze vom CT und MR miteinander fusioniert. Im MR eingezeichnete Zielvolumina werden automatisch ins CT Volumen übertragen. Danach kann die reguläre Bestrahlungsplanung bei einem genauer definierten Zielvolumen ausgeführt werden.

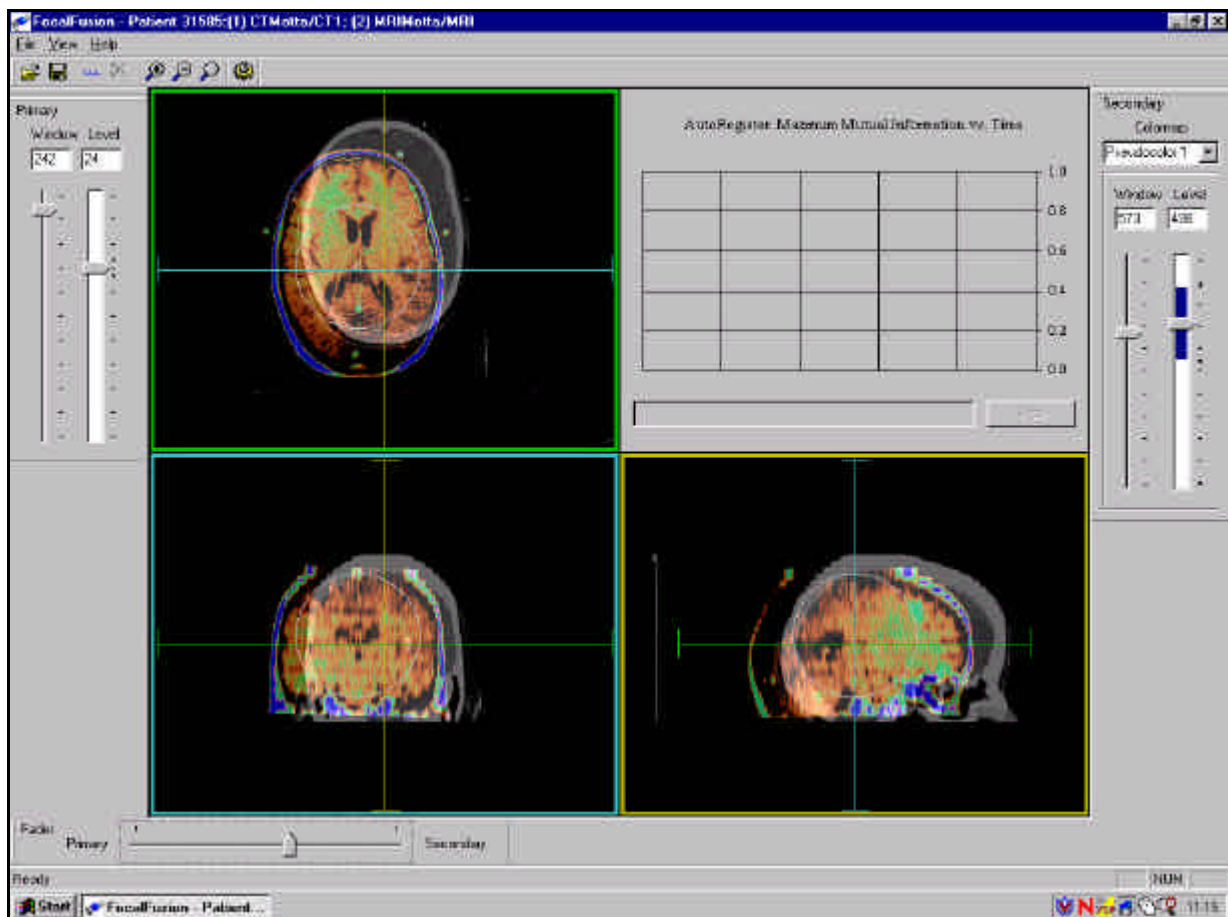


Abbildung 4: Image Fusion von CT- und MR-Bildern eines Patienten.

## Zukunft

Bereits wurden erste Erfahrungen auf dem Gebiet der „virtuellen Simulation“ gemacht. Es steht ausser Frage, dass mit dieser Art der Simulation ein höherer Informationsge-

halt zur Verfügung steht. Während bei der konventionellen Simulation der Informationsgehalt zweidimensional ist, ist dieser bei der virtuellen Simulation dreidimensional. Für diese Art der Simulation ist die Anschaffung eines CT mit einer speziellen Software vorgesehen.

Zur besseren Abgrenzung der Zielvolumina sollen in Zukunft nicht nur die CT-Daten mit MR-Daten fusioniert werden. Am Claraspital in Basel wurde vor einiger Zeit ein PET-Scanner in Betrieb genommen, der mit der Radio-Onkologie Basel vernetzt ist. Zukünftig soll es dadurch auch möglich sein, zusätzlich zu der bisherigen CT-MR Fusion gleichzeitig noch die PET Daten zu fusionieren.

Ein wesentlicher Schritt in die Zukunft wird die „Intensity Modulated Radio-Therapy“, kurz IMRT genannt, sein. Bei dieser Technik werden einzelne Segmente, aus verschiedenen Richtungen bestrahlt, zu einem Intensitätsprofil summiert. Dadurch eröffnet sich ein ganzes Spektrum an Möglichkeiten, die zu einer wesentlich besser konformierenden Bestrahlung mit dem Ziel führen, entweder höhere Dosen zu applizieren oder gewebe-schonender zu bestrahlen.

#### **Literatur**

- [1] J. van de Geijn: A Computer Program for 3-D Planning in External Beam Radiation Therapy, EXT-DOS. Comp. Progr. in Biomed. 1 (1970), 47-57
- [2] J. Roth: Unsere Erfahrungen mit dem Therapieplanungssystem. Medizinische Physik (Hrsg.: W.J. Lorenz), Bd. 2. Hüthig-Verlag, Heidelberg (1977), 613-622