InViVo-IORT - Ein System zur Qualitätskontrolle in der Intra Operativen Radiotherapie

Stefan Walter[1], Gerd Straßmann[2] und Marco Schmitt[3]

[1] Fraunhofer Institut Graphische Datenverarbeitung, 64283 Darmstadt
walter@igd.fhg.de
[2] Städtische Kliniken, Strahlentherapie, Offenbach
[3] MedCom GmbH, Darmstadt

Zusammenfassung. Intra Operative Ratdio Therapie ist eine Art der Strahlenbehandlung, die nach der chirurgischen Entfernung eines Tumores am offenen Situs angewendet wird, mit dem Ziel Überbleibsel des Tumors, die chirurgisch nicht entfernt werden konnten zu bestrahlen. Die genaue Positionierung eines dafür nötigen Flabs, durch den während der Bestrahlung eine Iridium-Strahlenquelle gezogen bzw. geschoben wird, innerhalb des Körpers des Patienten ist stark abhängig von der Erfahrung und Kenntnis des Operateurs. Weder eine Dokumentation der verabreichten Iso-Dosis kann erstellt noch eine individuelle Strahlenbehandlung kann vorgenommen werden, da die Position des Flabs in Relation zum Körper des Patienten, insbesondere zu einem vom Patienten aufgenommenen CT Datensatz nicht bekannt ist. Ziel dieser Entwicklung ist es, die oben genannten Nachteile mit Hilfe eines Computers und eines angeschlossenen Tracking Systems zu überwinden.

Schlüsselwörter: Intra operative Radio Therapy, Volume Rendering, Intra operative Navigation

1 Einleitung

Intra Operative Ratdio Therapie ist eine Strahlungsbehandlung, die nach der chirurgischen Entfernung eines Tumores am offenen Situs angewendet wird, mit dem Ziel Überbleibsel des Tumors, die chirurgisch nicht entfernt werden konnten zu bestrahlen. In diesem Verfahren wird eine Irridium Strahlenquelle mit Hilfe eines sogenannten Flabs (*Freiburger Flab*) über der Stelle plaziert, an der sich der Tumor befand. Ein solcher Flab besteht aus einer Matte von Gummikugeln sogennannten *Pellets* (s. Abb. 1) durch die eine Reihe von Plastikröhrchen (*Applikatoren*) verläuft, durch welche die Strahlenquelle gezogen oder geschoben wird. Die genaue Plazierung des Flabs innerhalb des Körpers des Patienten ist stark abhängig von der Erfahrung und Kenntnis des Operateurs, weder eine Dokumentation der verabreichten Iso-Dosis kann erstellt noch eine individu-

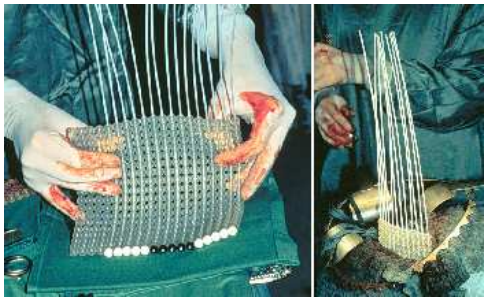

Abbildung 1: Flab und Flab in Situ

elle Strahlenbehandlung kann vorgenommen werden, da die Position des Flabs in Relation zum Körper des Patienten, insbesondere zu einem vom Patienten aufgenommenen CT Datensatzes nicht bekannt ist. Die Sakral Region eines Patienten (Beckenbereich) unterliegt keinen anatomischen Veränderungen von der Aufnahme der CT Scans hin zum offenen Situs während der Operation. Aus diesem Grund ist hier eine Registrierung des Patientenkörpers mit den CT Daten möglich. Ziel dieser Entwicklung ist es die oben genannten Nachteile mit Hilfe eines Computers und eines daran angeschlossenen Tracking Systems zu überwinden.

Die bisherige Arbeitsweise besteht aus den folgenden Schritten:

- Aufnahme eines CT Datensatzes zur Operationsplanung
- Chirurgisches entfernen des Tumors, soweit dies möglich ist
- Plazierung des Flabs über der den Resten des Tumors, anschließend Fixierung des Flab im Körper des Patienten
- Bestrahlung: Die Strahlenquelle wird von einer Steuereinheit durch die Applikatoren gezogen bzw. geschoben und an vorher definierten Punkten zur Bestrahlung angehalten.

Abbildung 2: Bisherige Arbeitsschritte bei der IORT

2 Implementierung

Das System zur Qulitätskontrolle in der IORT basiert auf einem handelsüblichen PC mit Microsoft NT Betriebssystem und einem angeschlossenen elektromagnetischen Trakking System (6 Freiheitsgrade). Das Tracking System besteht aus einem Sender, der ein elektromagnetisches Feld aufbaut und einem Empfänger, dessen räumliche Position und Orientierung gemessen und an den PC weitergeleitet wird. Die Visualisierungssoftware basiert auf dem *InViVo* System, das im Faunhofer IGD über mehrere Jahre entwickelt

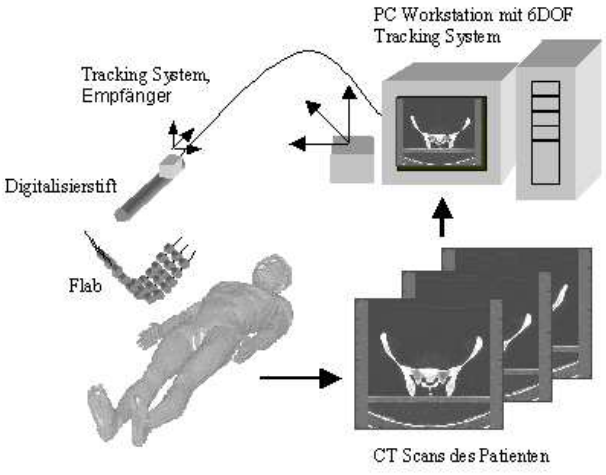

Abbildung 3: Übersicht des InViVo-IORT Systems

wurde (s. [4], [5]). und für das IORT System erweitert wurde. CT Daten des Patienten, die in unserem Fall mit einem Siemens Somatom aufgenommen wurden können direkt in das System über eine DICOM 3 Schnittstelle eingelesen und visualisiert werden. *InViVo* bietet neben der Ansicht der original CT Scans auch beliebige Schnittdarstellungen durch die Volumendaten und zusätzlich 3D Visualisierungen (Volume Rendering), z.B. Oberflächen (semi-transparent clouds, gradient shading) oder Transparenzdarstellungen (s.[1][2][3]). Als Bestrahlungsplanungssystem kommt das Nucletron Plato System (BPS 2.4) zum Einsatz, an das alle erzeugten Geometriedaten weitergegeben werden können. Mit diesem System kann die Aufnahme der Flab Geometrie wie folgt vorgenommen werden (s. Abb. 4):

- Aufnahme eines CT Datensatzes zur Operationsplanung, zusätzlich werden die Daten in den weiteren IORT Schritten benötigt.
- Chirurgisches entfernen des Tumors, soweit dies möglich ist
- CT - Landmarks: Mindestens vier Landmarks müssen mit Hilfe der *InViVo* Software in den CT Daten an markanten Knochenpunkten manuell markiert werden.
- Plazierung des Flabs über der den Resten des Tumors, anschließend Fixierung des Flab im Körper des Patienten
- Patienten Landmarks: Mit Hilfe des Digitalisierstiftes des Tracking Systems werden die räumlichen Koordinaten der zu den CT Landmarks korrespondierenden Knochenpunkte aufgenommen.
- Registrierung: Durch Lösung des durch die Knochenpunkte-Paare definierten

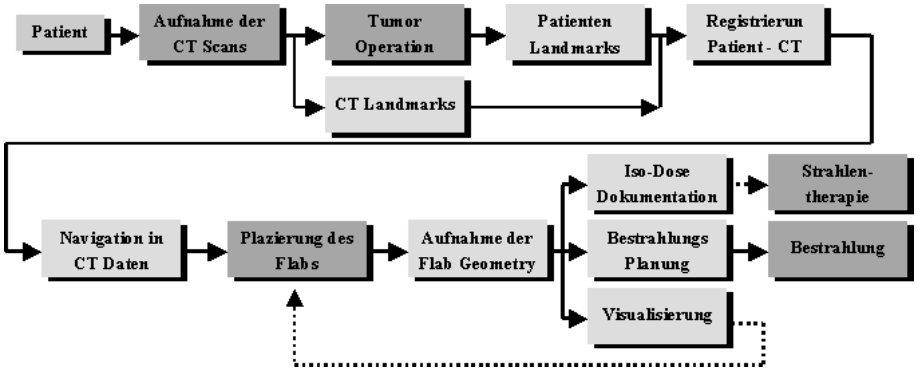

Abbildung 4: Erweitertes IORT Verfahren, neue Arbeitsschritte sind hell dargestellt.

(überbestimmten) Gleichungssystems wird eine Transformation berechnet, die die Abbildung der Koordinaten eines räumlichen Punktes am Körper des Patienten auf den korrespondierenden Punkt in den CT Daten beschreibt.

- Navigation: Durch Anfahren eines Punktes im Körper des Patienten mit dem Digitalisierstift des Tracking Systems kann die entsprechende Position in den CT Daten dargestellt werden. Somit kann in einem ersten Schritt die Lage des Flabs im Körper des Patienten kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert werden.
- Aufnahme der Flab Geometrie: Mit dem Tracking System können nun die räumlichen Positionen der Pellets des Flabs aufgenommen werden, aus denen sich die Applikatorgeometrie ableiten läßt. Die so aufgenommenen Geometriedaten kön-

nen an das Bestrahlungsplanungssystem weitergegeben und dort für Zwecke wie Dokumentation und Erstellung einer individuellen Bestrahlungsplanung verwendet werden.

- Bestrahlung: Die Strahlenquelle wird von einer Steuereinheit durch die Applikatoren gezogen bzw. geschoben und an vorher definierten Punkten zur Bestrahlung angehalten.
- Visualisierung: Die Applikatorgeometrie kann zusammen in den CT Daten zusammen mit dem in den CT Daten markierten (zwischenzeitlich chirurgisch entfernten) Tumor dargestellt werden.

3 Ergebnisse & Ausblick

Das vorgestellte System ermöglicht die Digitalisierung der Applikator Geometrie eines Flabs in der IORT im ersten Schritt zum Zweck der Dokumentation der verabreichten Iso-Dosis zur Qualitätskontrolle und in einem weiteren Schritt zur Anfertigung eines individuellen Bestrahlungsplanes, auch im Rahmen einer längerfristigen Bestrahlungsplanung. Mit Studien an einem Phantom konnte eine Genauigkeit der Aufnahme der Applikatorgeometrie unter OP Bedingungen von 3mm verifiziert werden, was zufriedenstellend ist.

Das elektromagnetische Tracking System unterliegt - wie alle Systeme dieser Art - der Störung durch Metalle, was weitestgehend durch eine genaue Evaluierung der Arbeitsweise und des konkreten Aufbaus des Systems (z.B. Abstand vom OP Tisch, Bauchklammer aus Kunststoff) kompensiert werden kann. Gegenüber Infrarot Trakking Systemen haben elektromagnetische Tracking Systeme neben dem weitaus niedrigeren Preis den Vorteil, daß keine direkte Sichtverbindung von einer IR Diode zu einer Kamera notwendig ist, was in dieser Anwendung nicht gewährleistet werden kann.

Das System bietet verschiedene Modi zur interaktiven Visualisierung der IORT Navigation und Darstellung der gewonnenen Geometridaten:

- CT Scans: Die original CT Scans können Zusammen mit der Geometrie der von dieser Schicht geschnittenen Applikator Pellets dargestellt werden.
- Orthogonale Schnittbilder: 3 orthogonale Schnittbilder werden in einer räumlichen Ansicht zusammen mit den Pellets dargestellt (s. Abb 5).
- Volume Rendering: Die CT Daten werden als Volume Rendering mit eingebetteten Pellets dargestellt (s. Abb 5).

In allen Modi kann die aktuelle Position des Digitaliserstiftes zur intraoperativen Navigtion fortlaufend eingeblendet werden.

Das System befindet sich zur Zeit in einer ersten klinischen Erprobung in den Städtischen Kliniken Offenbach. Schwachpunkt des Systems ist zur Zeit die Bestimmung der Landmarks am Patienten, hier wird in naher Zukunft ein externes Referenzsystem zum Einsatz kommen.

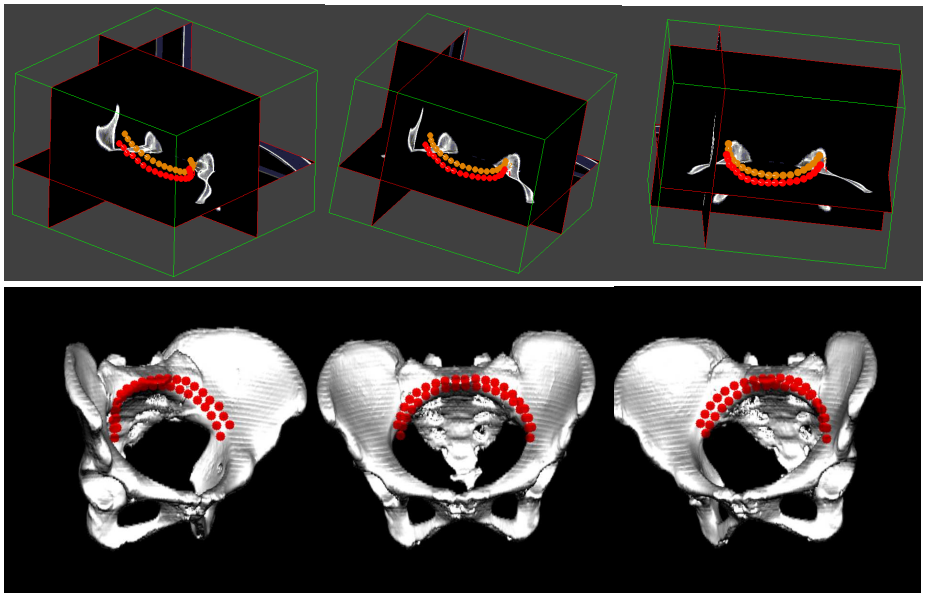

Abbildung 5: Oben: Darstellung orthogonaler Schnittbilder mit Applikator Pellets, Unten: Darstellung als Volume Surface Rendering mit Pellets

Danksagung

Hiermit möchten wir uns ganz herzlich bei den klinischen Partnern in den Städtischen Kliniken Offenbach für die gute Zusammenarbeit und die wertvollen praktischen Ratschlägen. Unser Dank gilt besonders Prof. Dr. Nier, von der Chirugischen Klinik, und seinem Team, Prof. Dr. Dr. Zambouglu and OA Dr. Kolotas von der Strahlenklinik in Offenbach.

4 Literatur

1. R.Ohbuchi, D.Chen, H.Fuchs: Incremental Volume Reconstruction and Rendering for 3D Ultrasound Imaging, SPIE Visualization in Biomedical Computing, pp. 312-323, 1992.
2. D.H.Pretorius, T.R.Nelson: Opinion: Three-dimensional Ultrasound, Ultrasound Obstet. Gynecol., Vol.5,pp. 219-221, April 1995.
3. M. Levoy: Display of Surfaces from Volume Data, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 8,pp. 29-37, May 1988
4. G.Sakas, S.Walter: Extracting Surfaces from Fuzzy 3D Ultrasonic Data, ACM Computer Graphics, SIGGRAPH '95, Los Angeles, USA, pp. 6-11, August 1995.
5. G.Sakas, L.A.Schreyer, M.Grimm: Case Study: Visualization of 3D Ultrasonic Data, IEEE, Visualization '94, Washington D.C., USA, pp. 369-373, Oktober 1994.
6. I.-K. K. Kolkman Deurloo, A.G. Visser, M. H. M. Idzes, P. C. Levendag, Reconstruction accuracy of dedicated localiser for filmless planning in intra-operative brachytherapy, Radiotherapy & Oncology 44 (1997) 73-81
7. J.M. Vaeth (Ed.), Intraoperative Radiation Therapy in the Treatment of Cancer, Front Ther. Oncol., Basel, Karger, 1997, Vol 31