

# LiverLine – ein webbasiertes Informationssystem für die computergestützte Leberoperationsplanung

Matthias Thorn<sup>1</sup>, Baris Yalcin<sup>1</sup>, Peter Schemmer<sup>2</sup>, Lars Grenacher<sup>3</sup>,  
Thomas Kraus<sup>2</sup>, Markus W. Buehler<sup>2</sup> und Hans-Peter Meinzer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Abteilung für Medizinische und Biologische Informatik,  
Deutsches Krebsforschungszentrum, 69120 Heidelberg

<sup>2</sup>Abteilung für Allgemeine Chirurgie, Universitätsklinik Heidelberg, 69120 Heidelberg

<sup>3</sup>Abteilung für Radiodiagnostik, Universitätsklinik Heidelberg, 69120 Heidelberg  
Email: m.thorn@dkfz.de

**Zusammenfassung.** Die computergestützte Operationsplanung in der Leberchirurgie liefert eine dreidimensionale Rekonstruktion der Leber, welche die Lage des Tumors gegenüber den Gefäßbäumen und deren Versorgungsgebieten enthält. Das dreidimensionale Modell erlaubt eine bessere Tumor-Lokalisation und steigert die Genauigkeit bei der Leberoperation. Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung eines webbasierten Informationssystems für das Universitätsklinikum Heidelberg, um die Ergebnisse der Operationsplanung über das Internet ausgewählten Partnern zur Verfügung zu stellen.

## 1 Einleitung

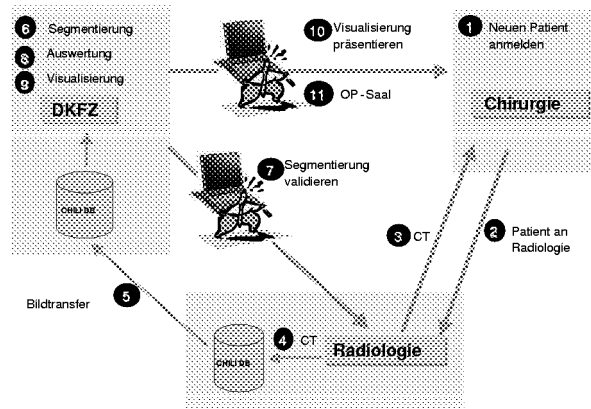
An der Chirurgischen Klinik in Heidelberg werden im Bereich der Leberchirurgie Tumoroperationen sowie Leberlebenspenden mit Hilfe der computergestützten Operationsplanung [1] durchgeführt. An dem klinischen Workflow der Operationsplanung sind die Chirurgie und die Radiologie der Universitätsklinik Heidelberg sowie die Abteilung Medizinische und Biologische Informatik (MBI) des Deutsches Krebsforschungszentrum Heidelberg (DKFZ) beteiligt. Die Abteilung MBI bietet die Aufbereitung der Bilddaten (Segmentierung, volumetrische Auswertung und 3D-Visualisierung) als Service für die Klinik an.

## 2 Methoden

### 2.1 Bestehender Workflow der Leber OP-Planung

Der bisherige Workflow der Leberoperationsplanung ist in Abbildung 1 dargestellt. Ein Tag vor der Patientenaufnahme bzw. am Tag der Aufnahme wird durch einen Stationsarzt der Chirurgie am DKFZ eine Operationsplanung angemeldet (1). Ist ein Patient stationär aufgenommen, wird dieser an die Radiologie überwiesen (2), in der von der erkrankten Leber Computertomographie-Aufnahmen (CT) angefertigt werden. Diese werden auf Filmen ausgedruckt und

Abb. 1. Bisheriger klinischer Workflow der Leberoperationsplanung

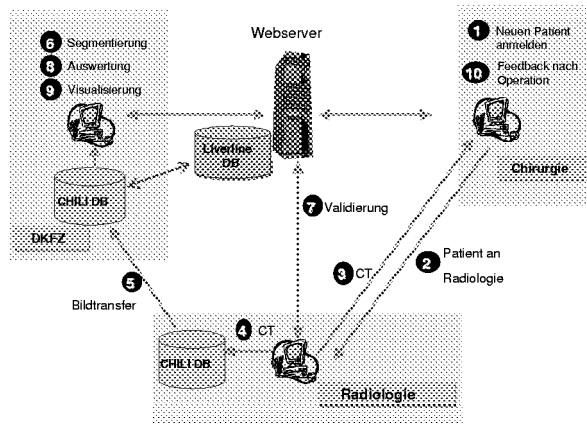


den Ärzten der chirurgischen Abteilung zur Verfügung gestellt (3). Gleichzeitig werden die digitalen Daten innerhalb einer CHILI<sup>®</sup>-Datenbank [3] gespeichert (4). Zur Operationsplanung werden die digitalen Bilder von der Radiologie an das DKFZ verschickt, wo sie wiederum in einer CHILI-Datenbank abgelegt werden (5). Aus den empfangenen CT-Bildern werden die anatomisch relevanten Strukturen (Leber, Tumor, Gallenblase, venöse und arterielle Gefäße) aus den Aufnahmen segmentiert (6) [4]. Die Segmentierungsergebnisse müssen vom Radiologen auf ihre Richtigkeit validiert werden. Da das DKFZ und die Klinik räumlich getrennt sind, muss der DKFZ-Mitarbeiter die Segmentierungsergebnisse auf ein Laptop kopieren und sich zur Klinik begeben (7). Nach erfolgreicher Abnahme durch den Radiologen erfolgt eine volumetrische Auswertung (8), bei der aus den Gefäßinformationen ein Resektionsvorschlag berechnet wird. Danach wird aus den vorhandenen Bilddaten eine dreidimensionale Rekonstruktion der Leber erstellt (9). Diese wird dem Chirurg präsentiert, indem der DKFZ-Mitarbeiter die Daten erneut auf ein Laptop kopiert und sich zur Klinik begibt (10). An dem Tag der Operation muss sich der DKFZ-Mitarbeiter mit seinem Laptop zum OP-Saal begeben, wo die 3D-Visualisierung während der Operation verwendet wird (11). Die Anwesenheit des DKFZ-Mitarbeiter ist notwendig, da es sich als Vorteil erwiesen hat, wenn die Software nicht durch den Chirurgen bedient werden muss.

## 2.2 Mängel des bestehenden Workflows

Anhand des beschriebenen Workflows lassen sich Mängel aufzeigen. So werden die Ergebnisse der Operationsplanung mittels eines Laptops übertragen. Hierfür muss der DKFZ-Mitarbeiter zur Validierung durch den Radiologen, zur Präsentation der Visualisierung in der chirurgischen Besprechung und zum Einsatz der Visualisierung im Operationssaal die Daten auf ein Laptop kopieren und sich zur Klinik begeben. Ausserdem ist während einer Planungsphase den

**Abb. 2.** Neuer klinischer Workflow der Leberoperationsplanung

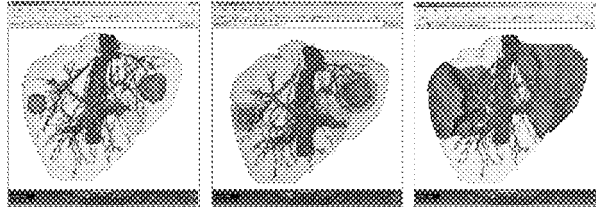


klinischen Partnern der aktuelle Stand einer Operationsplanung nicht bekannt. So ist für die Radiologen und Chirurgen z.B. nicht erkennbar, in welchem Fortschritt sich die Planung auf DKFZ-Seite befindet. Eine weitere Schwäche besteht in dem Kopieren der Daten vom Zentralrechner auf das Laptop. Dadurch entsteht eine inkonsistente verteilte Datenhaltung, die es erschwert, den aktuellen Zustand einer Planung bzw. ihrer Ergebnisse zu garantieren. Hierfür bietet sich eine zentrale Datenhaltung an, über die der Zugriff und Änderungen jeglicher Art ermöglicht und dokumentiert werden können. Neben den oben bereits erwähnten Mängeln findet keine Dokumentation der Operationsplanung statt. Lediglich die Planung auf DKFZ-Seite wird über ein standardisiertes Planungsprotokoll erfasst, bei dem die Ergebnisse der Segmentierung, Visualisierung und Volumetrie festgehalten werden. Für die Dokumentation wäre es sinnvoll, dass Resonanzen durch die beteiligten Partner eingesammelt und gespeichert werden. Diese könnten nachträglich zur Verbesserung des Systems ausgewertet werden. Desweiteren wäre eine frühzeitige Information über die Aufnahme eines neuen Patienten sehr hilfreich. Während im zentralen Patientenmanagement die Aufnahme eines Leberpatienten bereits über eine Woche im voraus bekannt ist, werden diese Informationen nicht bzw. relativ spät an die beteiligten Partner weitergeleitet. Hier wäre es wünschenswert frühzeitig die entsprechenden Informationen sowohl den Radiologen als auch den betroffenen DKFZ-Mitarbeitern zur Verfügung stellen zu können.

### 2.3 Neuer verbesserter Workflow

Der neue verbesserte Workflow durch das webbasierte Informationssystem *LiverLine* ist in der Abbildung 2 dargestellt. Alle Daten der Leberoperationsplanung werden mittels eines Webservers und einer Datenbank online zur Verfügung gestellt werden. Die Informationen aus der Operationsplanung werden in der LiverLine-Datenbank abgelegt und können über einen Webbrowser abgerufen

**Abb. 3.** 3D-Darstellung der Leber, des Sicherheitsabstandes und des Resektionsvorschlages mit VRML



werden. Der Bezug zu den radiologischen Daten wird über die CHILI-Datenbank realisiert, die über die einzelnen Studien mit der LiverLine-Datenbank in Verbindung steht. Hierdurch haben alle beteiligten Partner online Zugriff auf die Daten der Operationsplanung. Das bedeutet, dass man nicht mehr zeitlich und räumlich gebunden ist. Zu jedem Zeitpunkt kann der aktuelle Bearbeitungsstatus einer Operationsplanung abgefragt werden. Ausserdem sind die Bilddaten (Original und segmentierte Bilder, 3D-Visualisierungen), die bisher auf einem Laptop zur Verfügung standen, jederzeit und wiederholt einsehbar.

## 2.4 Technologie

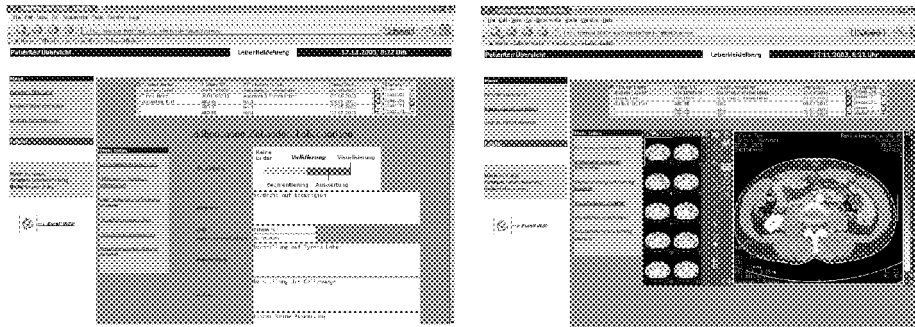
Zum Einsatz kamen ein Apache Tomcat Webserver und eine PostgreSQL Datenbank. Die Realisierung der Middleware erfolgt mit Java (Servlets, JSP, Beans). Zum Betrachten der 2D-Bilddaten über das Internet wird der ChiliViewer, eine Komponente des CHILI/Web [2], verwendet. Der ChiliViewer kann medizinische Bilder im JPEG-, DICOM- und PIC-Format anzeigen. Man kann die erwähnten Formate entweder als einzelne Schichtbilder oder als Video ansehen. Neben dem Ansehen der Originalbilder als auch der Segmentierungsergebnisse bietet der ChiliViewer auch die Möglichkeit, die Segmentierungsergebnisse direkt mit den Originalbildern zu vergleichen. Diese Funktionalität wird für die Validierung der Segmentierungsergebnisse durch den Radiologen benötigt.

Für die Darstellung der 3D-Modelle der Leberoperationsplanung im Internet wird die Virtual Reality Modeling Language (VRML) eingesetzt (Abb. 3). Das 3D-Modell kann beliebig rotiert werden, so dass der Chirurg die Leber von allen Seiten betrachten kann. Desweiteren kann die Leber beliebig vergrößert bzw. verkleinert betrachtet werden.

## 3 Ergebnisse

Durch die Webapplikation wird der bisherige klinische Workflow in vielerlei Hinsicht verbessert, z.B. kann der Radiologe mit Hilfe des ChiliViewers die Segmentierungsergebnisse online validieren oder die 3D-Modelle in VRML können direkt im Operationssaal abgerufen werden, da dieser über einen Internetanschluss verfügt. Für diese Vorgänge ist die Anwesenheit des DKFZ-Mitarbeiters vor Ort nicht mehr erforderlich.

Abb. 4. Webapplikation LiverLine



Zur Anwendung der Webapplikation ist ein gewöhnlicher Standard-Rechner ausreichend, d.h. dass die Klinikrechner keine spezielle Hardware-Anforderungen, z.B. eine leistungsfähige Grafikkarte, erfüllen müssen. Die ersten Testläufe mit Datensätzen aus der klinischen Routine funktionierten einwandfrei. Die Online-Schaltung zur Klinik soll in den kommenden Monaten realisiert werden. Die Abbildung 4 zeigt die Benutzeroberfläche.

#### 4 Diskussion und Ausblick

Als zukünftige Erweiterungen ist die Kopplung mit anderen klinischen Informationssystemen von Interesse. Das System LiverLine ist bisher als Standalone-Version implementiert. Hier ist es wünschenswert, einen Zugriff auf verschiedene Kliniksysteme wie das klinische Informationssystem (KIS) oder das radiologische Informationssystem (RIS) zu realisieren. Somit könnte z.B. ein Chirurg, der in LiverLine eingeloggt ist, Daten aus dem RIS der Radiologie einsehen.

Eine weitere zukünftige Entwicklung ist eine erweiterte Interaktion des 3D-Modells. Beispielsweise könnte der Chirurg durch Anklicken einzelne Gefäßbäume diese ein- oder ausblenden. Eine weitere Möglichkeit wäre die interaktive Berechnung des Resektionsvorschlages.

#### Literaturverzeichnis

1. H.P.Meinzer, M.Thorn, C.E.Cárdenas: Computerized planning of liver surgery - an overview, *Computers & Graphics*, 2002.
2. H.Münch, U.Engelmann, A.Schroeter, H.-P.Meinzer: Web-based distribution of radiological images from PACS to EPR, *CARS 2003*
3. U.Engelmann, A.Schröter, M.Schwab, U.Eisenmann, M.Vetter, J.Quiles, M.Bahner, H.-P.Meinzer: Radiologieworkstation CHILI, *Telemedizinführer Deutschland*, 2000.
4. T.Kunert, A.Schröter, T.Heimann, M.Schöbinger, T.Böttger, I.Wolf, H.-P.Meinzer: Interactive Segmentation in the CHILI (Tele-)Radiology System, *CURAC 2003*.