

virtX – virtuelles Lernen für den Einsatz von Bildverstärkersystemen in Ambulanz und Operationsaal

Bott OJ¹, Ahrens CA¹, Duwenkamp C¹, Grobe JH¹, Kimmel R¹, Lörchner A¹, Wagner M¹, Raab B³, Stürmer KM², Pretschner DP¹, Dresing K²

¹Institut für Medizinische Informatik, Technische Universität Braunschweig, Deutschland

²Klinik für Unfallchirurgie, Plastische und Wiederherstellungschirurgie Uniklinik Göttingen, Deutschland

³Diagnostische Radiologie 1, Uniklinik Göttingen, Deutschland

o.bott@mi.tu-bs.de

Einleitung und Fragestellung Der Einsatz mobiler Bildverstärkersysteme ist heute aus Unfallchirurgie und Orthopädie nicht mehr wegzudenken. Insbesondere in der Versorgung von unfallchirurgischen Patienten ist der BV essentielles Werkzeug im OP. Der Operateur ist während der Operation darauf angewiesen, dass das Pflegepersonal den Bildverstärker (BV; auch als C-Bogen bezeichnet) in die korrekte Position über dem Operationsgebiet bringt. Lasersysteme erleichtern die Positionierung und Einstellung. Dennoch erfolgt die Einstellung häufig unter Strahlung, z.B. für die Feinjustierung. Zahlreiche Einstellungen sind zudem auch für den Erfahrenen nicht einfach einzustellen, wie z.B. Acetabulum, Becken, Fersenbein (Brodén-Projektion), oder Wirbelsäule. Durch technische Entwicklungen konnte die Strahlenbelastung für Patient, OP-Personal und Operateur zwar deutlich gemindert werden, abhängig ist die Strahlungsexposition aber nicht zuletzt vom Geschick des Bedieners des BV, d.h. von dessen Ausbildung und Erfahrung. Bisher erfolgt die Ausbildung am BV durch Einweisung am Gerät und theoretische Erörterung der richtigen Einstellung z.B. anhand von Lehrbüchern [1]. Das Trainieren am lebenden Menschen verbietet sich aufgrund der Strahlenexposition und so ergibt sich die Fragestellung, inwiefern das Training der Handhabung und richtigen Einstellung des BV in verschiedenen Operationsszenarien durch ein BV-Simulationssystem als Teil eines CBT-Systems (Computer Based Training) unterstützt werden kann.

Material und Methoden virtX ist ein Programmsystem, das aus einer 3D-Simulation eines OP-Saals mit C-Bogen, OP-Tisch und virtuellem Patienten sowie einer Röntgenbildsimulation besteht. In der 3D-Simulation kann der Benutzer den virtuellen C-Bogen zum OP-Tisch bzw. zum Patienten bewegen, wobei er alle Gelenke und Schienensysteme des C-Bogens sowie die Position des C-Bogens im Raum mittels Maus und Schaltflächen steuert. Weitere Schaltflächen, die denjenigen eines realen C-Bogens entsprechen, aktivieren die üblichen Funktionen des C-Bogens wie Einzelbilderstellung, Starten des Durchleuchtungsmodus, Einstellung der Blende, Zoom, etc. Die Röntgenbildsimulation beruht auf dem virtusMED-System ([2], [3]), wobei auf einen CT-Datensatz Sum-intensity Volume-Rendering, basierend auf 3D-Texturen, durchgeführt wird. Dabei nutzt virtusMED die OpenGL-Unterstützung moderner Grafik-Hardware. Eine virtuelle Kamera wird verwendet, um den Bildverstärker zu simulieren. Auf der Grundlage der Ausrichtung dieser Kamera in Bezug auf den CT-Datensatz wird so eine perspektivische Sicht auf das Volumen rekonstruiert, welche das eigentliche Schichtröntgenbild simuliert.

Die Simulationskomponente des virtX-Systems ist eingebettet in ein aufgabenorientiertes Trainingssystem. Ausgehend von einer an typischen OP-Abläufen orientierten Aufgabe aus einem Aufgabenkatalog hat der Trainierende bestimmte Einstellungen des C-Bogens vorzunehmen. Dazu bekommt er textuelle und bildliche Hinweise, welche Körperregion anzusteuern und wie der C-Bogen einzustellen ist, welchen Qualitätskriterien das resultierende Bild zu genügen hat und, anhand eines allgemeinen Beispiels, wie die angestrebte Aufnahme aussehen sollte. Nach Start der Aufgabe zeichnet virtX die Zeit auf, die der Trainierende benötigt, um die Aufnahme zu erzeugen. Weiterhin wird die vom Trainierenden virtuell erzeugte Strahlendosis aufgezeichnet. Der Trainierende erhält unmittelbar nach Beendigung der Aufgabe eine Rückmeldung, in welchem Verhältnis seine persönliche Bearbeitungszeit, die virtuell erzeugte Strahlendosis und die erreichte Einstellung zu vorgegebenen Zielgrößen stehen. Für das Erstellen der Aufgaben steht ein einfaches Autorensystem zur Verfügung, welches das Erstellen der erklärenden Texte und Bilder, das Aufzeichnen der Zielgrößen und das Verknüpfen geeigneter, über ein DICOM-Interface importierter CT-Datensätze, mit dem virtuellen Patienten (einem Oberflächenmodell) erlaubt.

Zusätzlich zur rein virtuellen Simulation ist deren Verknüpfung mit einem realen C-Bogen möglich. Durch entsprechende Positionierung des Senders eines elektromagnetischen Tracking-Systems auf der Röntgenquelle des BV und des Empfängers auf einem OP-Tisch in fester Beziehung zu einem Patienten-Dummy (z.B. einer Styropor-Puppe) ist die Position und Orientierung des realen BV in Bezug auf den Patienten-Dummy festzustellen. Durch Registrierung des virtuellen Patienten mit dem Patienten-Dummy kann so die Bewegung des BV auf die virtuelle OP-Umgebung umgerechnet werden. Erzeugt der Trainierende nach Einstellung des realen C-Bogens mit virtX ein Einzelbild oder aktiviert er den Durchleuchtungsmodus simuliert virtX die Röntgenbilderstellung mit dem realen C-Bogen. Auf diese Weise entstehen zwei Trainingsmodi: ein rein virtueller Modus (V-Mode), der ohne einen realen C-Bogen auskommt und ein kombiniert virtuell-realer Modus (V/R).

Das virtX-System ist auf einem dreitägigen Kurs für OP-Personal evaluiert worden. 120 Teilnehmer hatten die Gelegenheit, mit virtX zu trainieren. Dabei wurde sowohl im V-Modus, als auch im V/R-Modus trainiert. Zudem konnte in einem dritten, vom V/R-Modus unter Ausblendung der virtuellen OP-Umgebung abgeleiteten R-Modus der Trainingserfolg geprüft werden. Für alle drei Trainingsmodi standen unterschiedliche Aufgaben zur Verfügung. Nach dem Training erhielten die Teilnehmer einen Fragebogen, auf dem neben Angaben zur Person (Alter, Geschlecht, Beruf, Berufserfahrung, Erfahrung mit C-Bögen, Erfahrung PC) Fragen zu den persönlichen Erfahrungen bzw. zur persönlichen Einschätzung des virtX-Systems gestellt wurden. Diese Fragen konnten auf einer Ordinalskala mit „Trifft nicht zu“, „Trifft eher zu“, „Neutral“, „Trifft eher nicht zu“, „Trifft nicht zu“ sowie mit „Keine Einschätzung“ beantwortet werden. Zusätzlich waren freitextliche Kommentare, was an virtX gut gefallen und was nicht gefallen hat und was verändert werden sollte möglich sowie ein abschließender allgemeiner Kommentar.

Ergebnisse Insgesamt gaben 79 Teilnehmer einen ausgefüllten Fragebogen ab. Das Alter der 62 weiblichen und 15 männlichen Teilnehmer lag bei durchschnittlich 34 ± 9 Jahre. 77 Teilnehmer gaben Pflegekraft, einer Chirurg und zwei „Sonstiges“ als Beruf an. Die Berufserfahrung lag bei durchschnittlich 8 ± 8 Jahren. 18 Personen (23%) gaben an, gelegentlich mit einem C-Bogen zu arbeiten, 61 (77%) arbeiten regelmäßig mit einem C-Bogen. Die PC-Erfahrung war wie folgt verteilt: 3 Teilnehmer (4%) hatten keine Erfahrung, 18 (23%) arbeiten gelegentlich mit einem PC, 41 (53%) arbeiten regelmäßig mit einem PC.

Bzgl. der Einzelfragen ergaben sich folgende Ergebnisse:

- 83,3% der Befragten waren der Meinung, dass der Einsatz von virtX eine sinnvolle Ergänzung zur herkömmlichen Ausbildung am C-Bogen ist. 10,3% Befragten hatten hierzu eine neutrale Einstellung und 5,1% waren nicht dieser Meinung (bei 1,3% ohne Einschätzung). Diese Frage beantworteten 78 von 79 Teilnehmern.
- Die Einführung in das virtX-System erachteten 77,2% als ausreichend, 15,2% standen dieser Frage neutral gegenüber und 5,1% empfanden die Einführung als eher nicht ausreichend (keine Einschätzung: 2,5%).
- 91% der Befragten waren der Meinung, dass die simulierte Röntgenbilderstellung hilfreich ist, um die Arbeitsweise des C-Bogens zu verstehen. 5,1% hatten hierzu eine neutrale Einstellung und 2,6 % waren nicht dieser Meinung bei 1,3 % ohne Einschätzung. Diese Frage beantworteten 78 von 79 Teilnehmern.
- Ähnlich hoch (84,2%) war der Anteil der Befragten, die eine Verknüpfung des virtuellen Trainings mit dem realen C-Bogen als hilfreich beurteilten. 10,5% standen dieser Frage neutral gegenüber und 5,3 % waren nicht dieser Meinung. Diese Frage beantworteten 76 von 79 Teilnehmern.
- Den verwendeten Patienten-Dummy aus Styropor empfanden 89,7% als ausreichend, um sich orientieren zu können (7,7% neutral, 2,6% stimmten dem eher nicht zu). Diese Frage beantworteten 78 von 79 Teilnehmern.
- 71,8% empfanden die vorgegebenen fünf 3D-Sichten auf den OP-Saal bzw. den OP-Tisch und den C-Bogen als ausreichend, um den virtuellen C-Bogen sicher positionieren zu können. 7,7% standen dieser Frage neutral gegenüber, 15,4% waren nicht dieser Meinung (keine Einschätzung: 5,1% bei 78 Antworten).
- 52,6% der Befragten schätzten bereits das rein virtuelle Üben (V-Modus) als hilfreich ein, das korrekte Einstellen des C-Bogens zu erlernen. 25,6% standen dieser Frage neutral gegenüber und 20,5% waren nicht dieser Meinung (bei 1,3% ohne Einschätzung). Diese Frage beantworteten 78 von 79 Teilnehmern.
- Mit der Steuerung des virtuellen C-Bogens kamen 79,7% gut zurecht, 8,9% standen dieser Frage neutral gegenüber und 6,3% waren nicht dieser

Meinung (keine Einschätzung: 5,1%).

- Schlussendlich waren 74,7% der Befragten der Meinung, dass die Ausstattung eines C-Bogens mit einem Trainingssystem wie virtX sinnvoll wäre, um dem OP-Personal die Einarbeitung in das Gerät zu erleichtern (neutral antworteten 15,2% und 7,6% waren nicht dieser Meinung; Keine Einschätzung gaben 2,5%).

Diskussion Die Ergebnisse der Befragung zeichnen ein positives Bild der Akzeptanz des virtX-Systems als Ergänzung zur herkömmlichen Ausbildung am C-Bogen. Viele Teilnehmer hoben hervor, dass diese neue Möglichkeit der Röntgenbildsimulation eine Lücke in der bisherigen, rein theoretischen Ausbildung am C-Bogen schließt. Hervorzuheben ist allerdings, dass die Beurteilung des Nutzens des virtX-Systems für die Ausbildung im R-Modus, d.h. bei Verknüpfung mit einem realen C-Bogen, deutlich höher ausfällt als die Bewertung der rein auf die virtuelle OP-Umgebung abzielenden Variante (V-Modus). Dieser Modus erfordert allerdings die Investition in ein entsprechendes Tracking-System (zurzeit ca. 3000,-€), was die Kosten für das ansonsten auf Standard PC-Komponenten mit geeigneter Grafik-Hardware aufbauenden Systems deutlich erhöht. Weitere Studien sind notwendig und geplant, um den Lerneffekt des virtX-Systems im Vergleich zur herkömmlichen Ausbildung zu untersuchen. Weiterhin erscheint das System im V-Modus geeignet für E-Learning via Internet.

Literatur

- [1] Beck H. Intraoperatives Durchleuchten in Unfallchirurgie und Orthopädie. Darmstadt: Steinkoff 2006.
- [2] Teistler M. Zur räumlichen Exploration tomographischer Bilddaten in virtuellen Szenen für medizinische Ausbildung und Diagnostik. Dissertation Fachbereich f. Mathematik u. Informatik der Technischen Universität Braunschweig, 2004.
- [3] Teistler M, Bott O, Dormeier J, Pretschner DP: Virtual Tomography: A New Approach to Efficient Human-Computer Interaction for Medical Imaging. In: R.L. Galloway Jr. (Ed.): Proceedings of SPIE Vol. 5029, Medical Imaging 2003: Visualization, Image-Guided Procedures, and Display. 2003: 512-19
- [4] 3D Texture Volume Rendering. In McReynolds T, Blythe D: Programming with OpenGL: Advanced Rendering. Silicon Graphics Inc. (SGI), Mountain View, CA, U.S., 1997 Online: <http://www.opengl.org/resources/code/samples/advanced/advanced97/notes/node181.html> (letzter Zugriff: 29.3.06)