

# Ein webbasiertes Trainingssystem für das Instrumentieren einer Katarakt-Operation

Jeanette Mönch<sup>1</sup>, Christian Vorwerk<sup>2</sup>, Dörthe Küster<sup>3</sup>, Bernhard Preim<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Simulation und Graphik, Magdeburg, Germany

<sup>2</sup> Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Klinik und für Poliklinik für Augenheilkunde, Magdeburg, Germany

<sup>3</sup> Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Pathologie, Magdeburg, Germany

Kontakt: jeanette.moench@ovgu.de

**Abstract:** Für den Bereich der Augenheilkunde haben wir ein webbasiertes Trainingssystem entwickelt, welches die Studierenden optimal auf das OP-Praktikum und das abschließende Instrumentieren einer Katarakt-Operation vorbereiten soll. Das Trainingssystem vermittelt neben den Grundlagen zur Katarakt-Operation auch die notwendigen prä-, intra- und postoperativen Untersuchungen, Arbeitsschritte, die Instrumente und den Ablauf der modernen Kataraktchirurgie mit Implantation einer künstlichen Linse. Im finalen Trainingsschritt können die Lernenden das Instrumentieren einer Katarakt-Operation virtuell durchführen, bis sie sich sicher genug fühlen, diese Aufgabe bei einem realen Eingriff zu übernehmen.

*Schlüsselworte: Training, e-Learning, Katarakt, Chirurgie, Auge*

## 1 Problem

Den Studierenden im Bereich der Medizin fehlen häufig wichtige Soft Skills wie Kommunikations-, Team- und Kooperationsfähigkeit, die Fähigkeit zur diagnostischen und therapeutischen Entscheidungsfindung und zur Entwicklung von Organisations- und Problemlösungsstrategien. Diese Fertigkeiten werden im Rahmen des konventionellen Studiums wenig bis gar nicht vermittelt. Das Projekt „Triathlon im OP - Vom Symptom zur Therapie am eigenen Patienten“, welches im Sommersemester 2012 am Universitätsklinikum Magdeburg gestartet ist, soll den Studierenden ab dem dritten Studienjahr genau diese Fertigkeiten vermitteln. Sie werden unmittelbar in den Operationsbetrieb und die Patientenbetreuung einbezogen. Es werden so Wissen und Basisfertigkeiten im OP während eines Operations-Praktikums vermittelt. Außerdem lernen die Studierenden Grundprinzipien eines interdisziplinären Behandlungskonzeptes bei der persönlichen Betreuung eines Patienten kennen. Für den Bereich der Augenheilkunde haben wir ein Trainingssystem entwickelt, welches die Studierenden optimal auf das OP-Praktikum und das abschließende Instrumentieren bei einer Katarakt-Operation vorbereiten soll.

Die Katarakt (grauer Star) ist eine Veränderung der Linse des Auges. Es kommt zu einer Trübung der Linse und somit zum Verlust der Sehschärfe. Die getrübte Linse kann unter Betäubung entfernt und durch eine künstliche Linse ersetzt werden. Bevor der Eingriff stattfinden kann, muss der Operateur/ die OP-Schwester sicherstellen, dass alle notwendigen Untersuchungen und Einwilligungen des Patienten vorliegen. Dazu zählen beispielsweise die Refraktionsbestimmung (Bestimmung des Brechwertes zur optischen Korrektur), biometrische Daten des Auges zur Bestimmung der geeigneten Intraokularlinse und eine ausführliche Anamnese sowie die klinische Untersuchung des Patienten.

Der Ablauf der Implantation einer künstlichen Linse ist bei einem normalen Verlauf des Eingriffs immer gleich. Durch diesen standardisierten Ablauf ist dieser Eingriff für Studierende sehr gut geeignet, um erste eigene Handgriffe im OP durchzuführen und Abläufe im OP beispielhaft zu erlernen. Die Katarakt-Operation lässt sich in mehrere Schritte unterteilen:

1. Anästhesie (Intubationsnarkose, Retrobulbäranästhesie, Parabulbäranästhesie, Tropfanästhesie)
2. Parazentese, Auffüllen der Vorderkammer mit Viskoelastikum
3. Kapsulorhexis
4. Anlegen eines clear cornea Zugangs
5. Hydrodissektion (Trennung des Linsencortex vom Linsenkern)
6. Phakoemulsifikation des Linsenkerns
7. Saug-/Spülung (Absaugung des Cortex, Politur der Hinterkapsel)
8. Kunstlinsenimplantation
9. Hydrotamponade der Parazentesen und des Clear Cornea Zugangs

Die instrumentierende OP-Schwester reicht dem Operateur während des Eingriffs ohne dessen Ansage die richtigen Instrumente in die richtige Hand zum richtigen Zeitpunkt. Derzeit werden häufig die Arbeitsschritte der instrumentierenden Operationsschwester nicht an angehende, operativ tätige Ärzte vermittelt, sondern nur in der Ausbildung der OP-Schwester berücksichtigt. Für ein umfassendes Verständnis der Operation und die Abläufe im Operationsaal ist es jedoch sehr wichtig, auch ihre Arbeitsschritte genau zu kennen. Im Unterschied zum Operateur muss sie häufig in Bruchteilen von Sekunden vor dem Operateur den nächsten Schritt kennen, um exakt zum richtigen Zeitpunkt bereits das richtige Instrument reichen zu können. Die operative Ausbildung der Augenärzte erfolgt oft in einzelnen Schritten, die durch häufige Wiederholung trainiert werden (speziell in der Augenheilkunde oft an Phantommodellen oder Schweineaugen) und dann je nach Ausbildungsstand am Patienten unter Supervision eines erfahrenen Operateurs durchgeführt werden.

Für den Bereich der Augenheilkunde gibt es e-Learning Systeme und Fallsammlungen, die Grundlagen und Erkrankungen des Auges vermitteln. Häufig handelt es sich um Bilddatenbanken, die bestimmte Krankheitsbilder [1,3], Untersuchungstechniken und Therapien [4] vermitteln. Genutzt werden dazu hauptsächlich Bilder und Texte, in einigen Fällen

Videos [4] und Quizfragen oder Bilder zur Überprüfung des Gelernten [3,4]. Im System „Die Wiener Augenfälle“ werden mit zahlreichen Fotos angereicherte virtuelle Patienten für Studenten und für Fachärzte präsentiert. Den Lernenden wird der Patient mit seinen Beschwerden vorgestellt und sie müssen die Anamnese durchführen. Auf vorgegebene Fragen bekommen sie auf Anforderung die Antworten bzw. Untersuchungsergebnisse präsentiert und müssen auf dieser Basis die Diagnose und Therapieentscheidung treffen (Multiple-Choice-Auswahl) [2]. Der Eye-Simulator [5] vermittelt die Funktion und den Einfluss der Augenmuskeln und Nerven auf die Augenbewegung und Pupillenreaktion. Die Funktion der einzelnen Strukturen kann ein- und ausgeschaltet und die Auswirkungen an einem virtuellen Augenmodell beobachtet werden. Auch für die Ophthalmologie existieren Chirurgesimulatoren, die beispielsweise für Katarakt-Operationen risikofrei die Hand-Auge-Koordination trainieren [6]. Uns ist kein System bekannt, welches die Abläufe und notwendige Instrumente für operative Eingriffe am Auge vermittelt und trainiert.

Der von uns entwickelte *Katarakt-OP-Trainer* lehrt neben den Grundlagen einer Katarakt-Operation auch die notwendigen prä-, intra- und postoperativen Untersuchungen und Arbeitsschritte, die Instrumente und den Ablauf der modernen Kataraktchirurgie mit Implantation einer künstlichen Linse. Im finalen Trainingsschritt können die Lernenden das Instrumentieren virtuell trainieren, bis sie sich sicher genug fühlen, diese Aufgabe bei einem realen Eingriff zu übernehmen. Durch das Übernehmen der Aufgaben einer instrumentierenden Operationsschwester sollen die Studierenden den Ablauf, die Instrumente und den Workflow an einer realen Operation kennenlernen. Das Trainingssystem kann auch für die Ausbildung von Operationsschwestern eingesetzt werden.

## 2 Methoden

Webbasiertes Training bietet den Lernenden eine Reihe von Vorteilen. Sie können den Ort und die Zeit des Lernens frei bestimmen. Es ist lediglich eine Internetverbindung notwendig. Die Installation einer Software ist auf klinikinternen Rechnern aus sicherheitstechnischen Gründen oftmals schwierig. Für den webbasierten Einsatz des *Katarakt-OP-Trainers* erfolgt die Umsetzung mit Flash/Actionscript 3. Die didaktische Konzeption basiert auf dem tutorielle Konzept. Die Lernenden werden schrittweise durch die Lerninhalte und Aufgaben geführt und so langsam an das Endziel des Instrumentierens bei einer Katarakt-Operation herangeführt.

Wir haben uns für eine *aktive* Wissensvermittlung entschieden, um die Generierung von trägem Wissen zu vermeiden. Träges Wissen kann nur schwer oder gar nicht im Alltag umgesetzt werden [7]. Die Art der Umsetzung des aktiven Lernens im *Katarakt-OP-Trainer* ist an das problemorientierte Lernen angelehnt, das in der Mediziner Ausbildung zunehmend eingesetzt wird. Hierbei spielen authentische Problemstellungen, eine tutorielle Betreuung und der individuelle Wissenserwerb eine große Rolle [8].

Die Lernenden werden im *Katarakt-OP-Trainer* aktiv gefordert und sollen im letzten Trainingsschritt bei einer virtuellen Operation das Instrumentieren übernehmen. Der Einsatz des Systems ist an die Präsenzveranstaltungen im Rahmen des Projektes „Triathlon im OP“ gekoppelt. Es steht somit zu jeder Zeit eine tutorielle Betreuung durch Experten der Augenheilkunde zur Verfügung. Auch Kontakte zu anderen Lernenden, der Austausch mit ihnen und das Lernen in kleinen Gruppen werden möglich. Dennoch ist der Lernende für die Planung seines Lernprozesses und den Fortschritt selber verantwortlich (Selbstlernkonzept).

Der Lernende bekommt beim ersten Kontakt mit dem System einen Eindruck davon, was ihn erwarten wird. Auf dem Startbildschirm werden dem Lernenden die Inhalte und (kognitiven) Lernziele des Moduls vermittelt:

65

- Kenntnis der anatomischen und pathologischen Grundlagen der Katarakt,
- Kenntnis der notwendigen Voruntersuchungen, deren Ablauf und Hintergrund,
- Beherrschen des Ablaufs bzw. der Einzelschritte einer Katarakt-Operation,
- Erkennen der benötigten Instrumente bei einer Katarakt-Operation und
- schnelles und richtiges Reichen der Instrumente an den Operateur während des Eingriffs.

Um die Situation des Instrumentierens so realitätsnah wie möglich zu gestalten, wurde eine reale Katarakt-Operation aufgezeichnet und als Grundlage für die Trainingsschritte eingesetzt. Bei der Anordnung des virtuellen OP-Settings wurde ebenfalls die Anordnung im OP von Patient, Operateur und Instrumentierendem beibehalten.

## 3 Ergebnisse

Es wurde ein erster Prototyp des Katarakt-Operation-Trainers entwickelt, der vier Trainingsschritte beinhaltet. Die Schritte werden im Folgenden näher beschrieben.

**Grundlagen der Katarakt.** Im ersten Schritt werden die anatomischen und pathologischen Grundlagen der Katarakt wiederholt. Das beinhaltet physiologische Aspekte der Linsenalterung und damit verbundene Veränderungen der optischen Eigenschaften des Gesamtsystems Auge bei Linsentrübung. Dabei wird ebenfalls auf verschiedene Operations- und Narkosemöglichkeiten eingegangen. Ein Multiple-Choice-Quiz fragt die wichtigsten Aspekte der Erkrankung ab, die für die weiteren Trainingsschritte relevant sind.

**Vermittlung der notwendigen Voruntersuchungen.** Anschließend werden die Untersuchungen beschrieben, die im Vorfeld des Eingriffs vorgenommen werden müssen. Es wird deren Durchführung kurz beschrieben und ihre Notwendigkeit erläutert. Beispiele von Originaldokumenten werden gezeigt, um eine größtmögliche praktische Relevanz zu erreichen. Die vorgestellten Untersuchungen dienen dazu, die OP bestmöglich vorzubereiten und beispielsweise das geeignete Linsenimplantat zu bestimmen. Somit wird die Operation des grauen Stars (Katarakt) im Kontext einer ophthalmologischen Behandlung und Betreuung eines Patienten möglichst realitätsnah simuliert. Es soll bei den Lernenden ein besseres Verständnis und das Vermeiden und Verstehen möglicher Fehlerquellen erreicht werden.

**Vermittlung des Ablaufs und der Instrumente des Eingriffs.** Vor dem finalen Trainingsschritt des virtuellen Instru-

mentierens bekommen die Lernenden die Möglichkeit, die einzelnen Schritte der Katarakt-Operation zu verinnerlichen. Es wird ein in Abschnitte unterteiltes Video des Eingriffs präsentiert. Synchron dazu werden in einer Übersicht die Bezeichnung des aktuellen Schrittes und eine kurze Beschreibung hervorgehoben. Die einzelnen Abschnitte des Eingriffs können direkt aufgerufen und so beliebig oft angeschaut werden. Außerdem bekommt der Lernende die Möglichkeit, sich mit den benötigten Instrumenten vertraut zu machen. Sie werden anhand von Fotos präsentiert und mit ihrem korrekten Namen bezeichnet.

**Virtuelles Instrumentieren.** Für das virtuelle Instrumentieren wurde die Anordnung der Personen im OP nachgebildet (siehe Abb.1). Der Patient (im Fall des Trainingssystems das Video des Eingriffs) befindet sich links oben, darunter der operierende Chirurg (durch seine linke und rechte Hand präsentiert). Die instrumentierende OP-Schwester und damit das Instrumententablett sind an seiner rechten Seite platziert. Um dem Lernenden die Orientierung auf dem relativ umfangreich bestückten Instrumententablett zu erleichtern, wurde eine Instrumentenvorschau umgesetzt. Beim Bewegen der Maus über das Tablett erscheint das darunterliegende Instrument in einer vergrößerten Darstellung und mit seiner genauen Bezeichnung im Vorschubereich.

Um mit dem virtuellen Eingriff zu beginnen, startet der Lernende das Video. An Stellen, an denen der Operateur ein neues Instrument benötigt, wird das Video automatisch gestoppt und es müssen die richtigen Instrumente in die richtige Hand gereicht oder von dort abgenommen werden. Dem Lernenden wird sofortige Rückmeldung über die Korrektheit seiner Aktionen geliefert und er bekommt die Möglichkeit, sich zu korrigieren. Erst bei einer komplett richtigen Instrumenten- und Handwahl wird das Video wieder gestartet und zeigt die Aktionen, die mit diesen Instrumenten ausgeführt werden.

## 4 Diskussion

Der erste Prototyp wurde in enger Zusammenarbeit mit einem chirurgischen Experten entwickelt. In mehreren Gesprächen wurden das Konzept und die erste Umsetzung ausführlich diskutiert. Die möglichst realitätsnahe Übertragung der OP-Situation und die Vermittlung der notwendigen Grundlagen sind die wichtigsten Aspekte, die aus diesen Diskussionen hervorgegangen sind und umgesetzt wurden. Die anfängliche Idee, den Lernenden die Schritte und Instrumente einer Katarakt-Operation zu vermitteln, wurde so nach und nach erweitert und es entstanden die vorgestellten Trainingschritte. Die Anforderung, die OP-Situation möglichst realistisch nachzubilden, schränkte die Möglichkeiten der Gestal-

66

tung der Benutzeroberfläche stark ein. Beispielsweise sollten die Instrumente, wie im OP, auf einem Tablett zur Verfügung stehen. Aufgrund des eingeschränkten Platzes und der daraus resultierenden geringen Größe sind sie jedoch im System nur für einen Experten oder geübten Lernenden erkennbar. Deshalb wurde die Instrumentenvorschau als Hilfestellung eingeführt.

Ziel der zukünftigen Arbeiten ist die Fertigstellung des Systems und eine detaillierte Evaluierung. Im Rahmen einer Evaluierung sollen neben der Usability und Akzeptanz vor allem der Lernerfolg evaluiert werden. Es muss untersucht werden, ob die Lernenden mit Hilfe des Systems einen signifikanten Wissenszuwachs erreichen können. Dafür kann der Wissensstand der Testpersonen vor und nach dem Training mit dem System erfasst und verglichen werden. Alternativ kann ein Vergleichstest mit zwei Gruppen durchgeführt werden. Eine Gruppe bekommt vor dem Instrumentieren bei einer realen Katarakt-Operation die Möglichkeit des Trainings mit dem *Katarakt-OP-Trainer* und die andere nicht. Ihre Leistungen im OP werden anschließend auf Basis vorher definierter Kriterien verglichen.





Abb. 1: *Links*: reale OP-Situation. Der Operateur operiert mit Hilfe des Mikroskops das Auge des Patienten. Die OP-Schwester (im vorderen Bildbereich) reicht ihm die Instrumente. *Rechts*: die Übertragung der realen OP-Situation in das Trainingssystem für das virtuelle Instrumentieren.

## 5 Referenzen

- [1] R. Machemer u.a., Atlas of Ophthalmology, <http://www.atlasophthalmology.com>, Zugriff 12.07.2012
- [2] O. Findle, Die Wiener Augenfälle – Ein Lernprogramm für Augenärzte und Medizinstudenten, <http://www.meduniwien.ac.at/augen/>, Zugriff 12.07.2012
- [3] F. Körner u.a. , CliniSurf - Ophthalmologie, <http://e-learning.studmed.unibe.ch/clinisurf/htmls/ophtha.html?clinisurflophtha>, Zugriff 12.07.2012
- [4] A. Gruber, J Faulborn, Augenheilkunde, <http://e-learning.studmed.unibe.ch/augenheilkunde/index.html>, Zugriff 12.07.2012
- [5] R. Lasslo u.a., Eye Simulator / Virtual Patient Simulator <http://cim.ucdavis.edu/EyeRelease/Interface/TopFrame.htm>, Zugriff 12.07.2012
- [6] K.S. Choi u.a., A virtual training simulator for learning cataract surgery with phacoemulsification, Computers in Biology and Medicine, 39(11):1020-1031, 2009
- [7] J. Zumbach, Kapitel Goal-Based Scenarios. In: E-Learning: Die Revolution des Lernens gewinnbringend ein- setzen. Klett-Cotta, S. 67–82 , 2002
- [8] J. Zumbach, Kapitel Problembasiertes Lernen: Überlegungen und Ansatz für eine lernerzentrierte Didaktik. In: Zumbach, J.: 245-260. Hogrefe, 2006