



Nr.: FIN-006-2008

Szenariobasierte Entwicklung chirurgischer Trainingssysteme

Jeanette Cordes, Bernhard Preim

Arbeitsgruppe Visualisierung (ISG)

Technical Report



Fakultät für Informatik
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Impressum (§ 10 MDStV):

Herausgeber:
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Fakultät für Informatik
Der Dekan

Verantwortlich für diese Ausgabe:
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Fakultät für Informatik
Prof. Bernhard Preim
Postfach 4120
39016 Magdeburg
E-Mail: preim@isg.cs.uni-magdeburg.de

<http://www.cs.uni-magdeburg.de/Preprints.html>

Auflage: **70**

Redaktionsschluss: **Juli 2008**

Herstellung: Dezernat Allgemeine Angelegenheiten,
Sachgebiet Reproduktion

Bezug: Universitätsbibliothek/Hochschulschriften- und
Tauschstelle

Szenariobasierte Entwicklung chirurgischer Trainingssysteme

Jeanette Cordes und Bernhard Preim
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, FIN/ISG
{cordes,preim}@isg.cs.uni-magdeburg.de

Zusammenfassung

Basierend auf unseren bisherigen Erfahrungen möchten wir in diesem Beitrag Empfehlungen für die szenariobasierte Konzeption chirurgischer Trainingssysteme geben. Die Spezifikation auf Basis von Szenarien schafft eine gemeinsame Kommunikationsbasis zwischen Entwicklern und Ärzten und ermöglicht die anwendernahe Entwicklung von Software. Dabei entsteht allerdings eine Vielzahl an Dokumenten, Anmerkungen und überarbeiteten Versionen. Wir schlagen deshalb eine konkrete Strategie zur Nutzung von Szenarien vor, die Redundanzen reduziert und eine effiziente Verwaltung der Zusammenhänge der entstehenden Dokumente ermöglicht. Wir nutzen diese Strategie und beschreiben davon ausgehend exemplarisch die szenariobasierte Konzeption eines Systems für das Training des medizinischen Workflows in der Wirbelsäulen Chirurgie. Die Diskussion der Szenarien hat sich hier insbesondere für das Design der Trainingsschritte sowie für die Auswahl einer repräsentativen Menge von Fällen und die Definition der für jeden Fall benötigten relevanten Informationen als hilfreich erwiesen.

1 Einleitung

Eine Herausforderung bei der Entwicklung von Softwaresystemen stellt deren Konzeption und Design dar. Bei der Erstellung chirurgischer Trainingssysteme ist es dabei besonders wichtig, die Lerninhalte zu definieren und sie angemessen und effektiv zu vermitteln. Neben Aspekten wie Anwendercharakterisierung und Anforderungsanalyse, spielen bei Trainingssystemen die didaktische Konzeption, die Definition von Lernzielen, die Strukturierung des Lerninhalts, der angemessene Einsatz von Multimediaelementen sowie die Vermittlung von implizitem Expertenwissen und die Bewertung des Lernerfolgs eine wichtige Rolle.

Für die Aus- und Weiterbildung von Medizinern wurden bisher hauptsächlich fallbasierte Browsing- und Präsentationssysteme entwickelt. Es sind allerdings keine detaillierten Empfehlungen oder Richtlinien zur Konzeption medizinischer Trainingssysteme bekannt, auf die zurückgegriffen werden kann. Um zu gewährleisten, dass Systeme entwickelt werden, die den Anforderungen und Fähigkeiten der zukünftigen Anwender entsprechen, sollten Anwen-

der deshalb aktiv in den Designprozess eingebunden werden. Rosson und Carroll (Rosson & Carroll 2002) haben dafür die szenariobasierte Entwicklung vorgeschlagen. Szenarien sind sehr gut geeignet, um für computergestützte Systeme komplexer Gebiete, für die bisher keine bzw. nur unzureichende Anforderungsanalysen und Erfahrungen vorliegen, Analysen benutzernah durchzuführen.

Bei der Entwicklung eines Systems für das Training der computergestützten Planung von Tumorresektionen und Leberlebendspenden, dem LIVERSURGERYTRAINER, haben wir zunächst auf Basis von Beobachtungen von Operationen und Interviews mit den Chirurgen eine Liste mit Anforderungen an das System erstellt. Jedoch hat sich diese Form der Anforderungsanalyse als nicht ausreichend für die vielen Entwurfsentscheidungen erwiesen und die Kommunikation mit den Anwendern war nicht sehr fruchtbar, was wir darauf zurückführen, dass reine Listen mit Anforderungen nicht als Grundlage für Diskussionen geeignet sind. Aus diesem Grund wurde im fortgeschritteneren Stadium der Entwicklung auf die szenariobasierte Spezifikation zurückgegriffen (Cordes et al. 2007). Die Szenarien erwiesen sich für das Design der Trainingsschritte und bei der Auswahl und Beschreibung der Trainingsfälle als hilfreich, insbesondere weil sie auch Begründungen und Aspekte der Motivation („Warum wird was gemacht?“) beinhalten.

Basierend auf diesen Erfahrungen möchten wir verallgemeinern und zeigen, dass die szenariobasierte Konzeption für die Entwicklung chirurgischer Trainingssysteme empfehlenswert ist und wie sie angewandt werden kann. Mit der Erstellung und Validierung von Szenarien für wichtige Anwendungsfälle, die das Vorgehen aus klinischer Sicht mit allen notwendigen Bearbeitungsschritten, Gedanken und Schlussfolgerungen des Arztes formulieren, kann sichergestellt werden, dass ein System entwickelt wird, das exakt auf seine Anwender zugeschnitten ist. Exemplarisch beschreiben wir die szenariobasierte Entwicklung des SPINESURGERYTRAINERS, eines Systems für das Training im Bereich der Wirbelsäulenchirurgie.

2 Verwandte Arbeiten

Die Computerunterstützung in der medizinischen Ausbildung hat in den letzten Jahren viel Beachtung erfahren. Für die Anatomieausbildung von Studenten existiert eine Reihe von Systemen, die die Exploration von dreidimensionalen Daten ermöglichen und so das räumliche Verständnis trainieren (z.B.: AnatomyBrowser (Golland et al. 1999), DigitalAnatomist (Brinkley & Rosse 1997)). Speziell für die Chirurgieausbildung werden dagegen hauptsächlich haptische Simulatoren entwickelt, die darauf spezialisiert sind, Gewebe und Gewebedeformationen realitätsnah nachzubilden (z.B. VoxelMan TempoSurg (Pflesser et al. 2000), KISMET (Kühnapfel et al. 2000)). Bei den genannten Systemen liegt der Fokus auf der technischen Realisierung bzw. realitätsnahen Darstellung von Geweben und dem haptischen Feedback, es sind jedoch keine detaillierten Beschreibungen der User Interface Aspekte oder der didaktischen Aufbereitung der Lerninhalte bekannt. Interaktive chirurgische Trainingssysteme enthalten keine Gewebe- und Handhabungssimulationen. Ihr Ziel ist das Training

des klinischen Workflows sowie die Vermittlung von Strategien zur Auswahl der optimalen Behandlungsstrategie. Bisher existieren auf diesem Gebiet nur sehr wenige Systeme und daraus resultierend auch keine Anforderungsanalysen oder Leitlinien für die didaktische Konzeption.

Das szenariobasierte Design wird bereits seit vielen Jahren in der User-Interface-Entwicklung eingesetzt. Szenarien werden beispielsweise beim Design von Webseiten und bei der Entwicklung betrieblicher Anwendungen (Hatscher & Beringer 2003) in der Anforderungs- und Nutzeranalyse sowie Konzeption genutzt. Bei der Erstellung von anwenderfreundlichen technischen Dokumentationen werden mit ihrer Hilfe nutzernah die Anforderungen und Handlungsabläufe sowie primäre und sekundäre Funktionen des jeweiligen Produktes ermittelt. Mit Hilfe der Szenarien werden dafür die üblichen Handlungen der Benutzer mit dem Produkt nachgestellt, um den notwendigen Informationsbedarf zu bestimmen. Auch Schwierigkeiten in existierenden Bedienanleitungen können mit Hilfe von Szenarien aufgedeckt werden (Tanzer & Buck 2006).

3 Szenariobasiertes Design

Unter den verschiedenen Beschreibungen der szenariobasierten Entwicklung erscheint uns die in Benyon et al. (Benyon et al. 2005) am geeignetsten, insbesondere weil sie eine schrittweise Verfeinerung und Konkretisierung beinhaltet. Die Konkretisierung mündet schließlich in (UML) Use Cases und stellt damit den Bezug zum klassischen Software Engineering dar. Benyon et al. unterscheiden vier verschiedene Typen von Szenarien, die in verschiedenen Stadien im Designprozess Anwendung finden. *User Stories* werden zu Beginn der Entwicklung genutzt, um die Aufgaben, Erwartungen und Präferenzen der Benutzer zu verstehen. Sie beinhalten ausführliche Beschreibungen der Aktivitäten der Benutzer und den Zusammenhang, in dem sie geschehen. Insbesondere enthalten sie Begründungen und Motive der Handelnden („Um eine Situation besser einzuschätzen, wird eine Information angefordert.“, „Weil eine bestimmte Angabe häufig unzuverlässig ist, wird sie auf eine bestimmte Art verifiziert“). *User Stories* können in vielfältigen Formen, beispielsweise als Videos, Tagebucheinträge und Interviews, erfasst werden. Sie werden durch einen Prozess der Abstraktion und Zusammenfassung zu *Conceptual Scenarios*. Diese werden genutzt, um die Anforderungen des Systems zu definieren und allgemeine Designvorschläge zu erstellen. Für die Umsetzung der Designideen, für das Prototyping sowie für die Evaluierung eines Systems können aus einem *Conceptual Scenario* mehrere *Concrete Scenarios* generiert werden, die notwendig sind, um einen bestimmten Sachverhalt bzw. eine spezielle Funktion genau zu erklären. Sie erfassen für das jeweilige Teilproblem spezifische Besonderheiten und die Umstände, unter denen sie auftreten. Mehrere *Concrete Scenarios* werden wiederum zu *Use Cases* zusammengefasst, die die Interaktion zwischen den Anwendern und dem Programm enthalten und dabei auch leichte Variationen der Umstände abdecken. Die erstellten *Use Cases* sollten die komplette Funktionalität des Systems sowie alle notwendigen Interaktionen einschließen.

Während der Erstellung der Szenarien erfolgt eine intensive Auseinandersetzung mit dem Problemgebiet. Es werden Sachverhalte und Schwierigkeiten bewusst, die sonst möglicherweise unbemerkt geblieben wären. Mit Hilfe der Szenarien ist es leichter, die Anforderungen an das System zu spezifizieren und zu priorisieren sowie notwendige und überflüssige Funktionalitäten zu detektieren (Benyon et al. 2005).

3.1 Soll- und Ist-Szenarien

Weiterhin sollte bei der Entwicklung von Szenarien zwischen Soll- und Ist-Szenarien unterschieden werden. Ist-Szenarien beschreiben den Zustand vor der Entwicklung des chirurgischen Trainingssystems. Sie beinhalten damit Beschreibungen der zukünftigen Benutzer, ihrer Fähigkeiten und Wünsche sowie Informationen über die aktuelle Lernsituation, die mit Hilfe des Systems verbessert werden soll. Ist-Szenarien bilden den Startpunkt bei der szenariobasierten Entwicklung und besitzen die Form von User Stories. Aus diesen Ist-Szenarien können im nächsten Schritt die Anforderungen für das zu entwickelnde Trainingssystem abgeleitet und in Soll-Szenarien beschrieben werden. Soll-Szenarien beinhalten in der Anfangsphase demnach erste Ideen für das Design, die Inhalte und das Layout des Systems. Sie beschreiben die Lerninhalte und Lernziele des Trainingssystems sowie den Trainingsablauf. Die Soll-Szenarien werden in einer schrittweisen Verfeinerung und Konkretisierung, wie oben bereits beschrieben, bis hin zur Erstellung von Use Cases bearbeitet.

3.2 Verwaltung der Szenarien

Benyon et al. machen keine Vorschläge für eine effiziente Verwaltung der Vielzahl an entstehenden Szenarien im Entwicklungsprozess. Um die Arbeit mit den Szenarien übersichtlich und nachvollziehbar zu gestalten, gibt es, basierend auf unseren bisherigen Erfahrungen die folgenden fünf wichtigen Aspekte bei der Verwaltung der Szenarien zu beachten:

1. *Reduktion von Redundanzen innerhalb der Szenarien.* Um die Menge an Texten möglichst nicht zu groß werden zu lassen und die Entwicklung so effizient wie möglich zu gestalten, ist es notwendig, Redundanzen in den Szenarien zu reduzieren. Vor allem in den Szenarien, in denen sich große Teile ähneln oder gar identisch sind, ist darauf zu achten Redundanzen zu vermeiden. Sie kommen häufig in Conceptual Scenarios oder Use Cases vor. Hier ist es sinnvoll, jeweils gemeinsame Hauptteile (Common Components) mit einzelnen Kernteilen (Core Components) zu verknüpfen. Der gemeinsame Teil eines Szenarios bleibt so konstant, während an bestimmten Positionen in den Common Components auf die jeweils zugehörigen Core Components zugegriffen werden kann.
2. *Verwaltung der Abhängigkeiten zwischen Szenarien.* Die Abhängigkeiten zwischen den Szenarien (aus welchen User Stories ein Conceptual Scenario, aus welchem Conceptual Scenario die zugehörigen Concrete Scenarios erstellt wurden bzw. welche Concrete Scenarios zu einem Use Case zusammengefasst wurden) müssen deutlich gemacht werden. Durch Anwendung einer hierarchischen Struktur bei der Verwaltung der Szenarien, wie sie in Abbildung 1 dargestellt ist, ist das gewährleistet. Bei der Strukturierung ist darauf zu achten, dass ein Conceptual Scenario aus mehreren User Stories entstanden sein kann. Ebenso kann ein Use Case aus mehreren Concrete Scenarios entwickelt werden

sein. Auch die Redundanzen vermeidende Aufteilung in Common und Core Components ist bei der Verwaltung zu berücksichtigen.

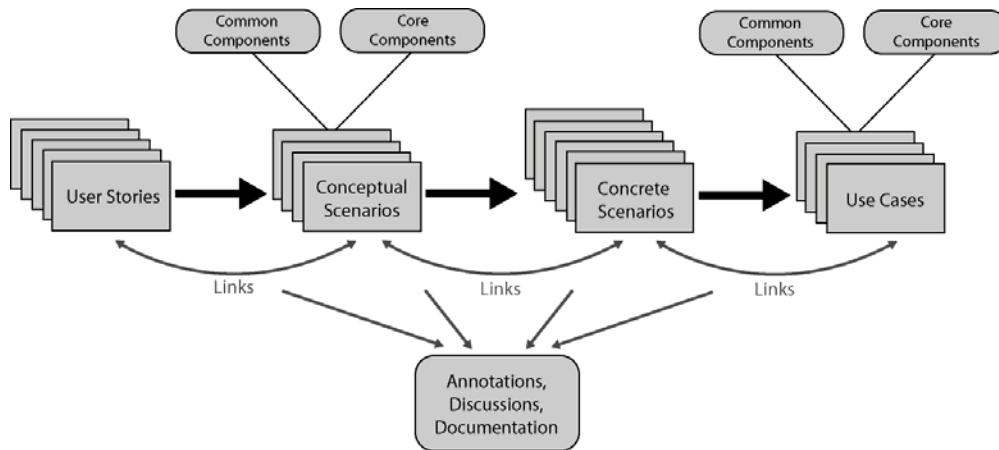


Abbildung 1: Abhängigkeiten und Verwaltung der Szenarien

3. *Änderungs- bzw. Versionsverwaltung.* Damit der Entwicklungsprozess der Szenarien nachvollziehbar bleibt, ist es notwendig, die Änderungen bzw. verschiedenen Versionen eines Szenarios sowie deren Autoren zu verwalten. Wir schlagen vor, neue Szenarien zunächst auf Abhängigkeit zu prüfen und an die entsprechende Stelle in der hierarchischen Struktur einzubinden. Durch Angabe des entsprechenden Datums ist dann leicht nachzuvollziehen, welche die neuere Version ist. Änderungen, die nicht das gesamte Szenario betreffen, können entsprechend im älteren Szenario verlinkt werden, um den Bezug nachvollziehen zu können.
4. *Zuordnung von Anmerkungen und Diskussionen.* Kommentare und Überlegungen zu Szenarien oder zu Abschnitten in Szenarien müssen verwaltet werden und Verweise auf ihre Position innerhalb des Szenarios sowie auf ihren Autor beinhalten. Ähnlich wie bei den Common und Core Components werden dazu an den entsprechenden Stellen im Szenario Links zu den Anmerkungen gesetzt (Abbildung 1). Die Anmerkungen enthalten dann den Autor, den Zeitpunkt und den Inhalt des Kommentars. In einem Link können mehrere Anmerkungen zusammengefasst sein.
5. *Dokumentation und Begründung von Entwurfsentscheidungen.* Die Entscheidungen, die zu einem benutzerfreundlichen Design des Systems führen, sind Ziel der szenariobasierten Spezifikationsmethode. Dokumentationen über Entwurfsentscheidungen, die auf der Grundlage der Szenarien entstanden sind, sollten deshalb den einzelnen Szenarien zuzuordnen sein. Sie können ebenso wie Anmerkungen in den Szenarien verlinkt werden.

Diese Vorschläge können für die Entwicklung eines Verwaltungswerkzeuges für Szenarien genutzt werden.

4 Konzeption chirurgischer Trainingssysteme

Mit einem chirurgischen Trainingssystem sollen Fähigkeiten und Fertigkeiten zur Wahl der optimalen Behandlungsstrategie und Therapiedurchführung vermittelt werden. Beim Treffen der Therapieentscheidung geht es beispielsweise darum, die Operabilität eines Patienten einzuschätzen und anhand der Labor- und Untersuchungsergebnisse, des Befundes und auch seiner Anamnese zu entscheiden, welche Therapie die besten Erfolge erwarten lässt. Nach der Entscheidung für eine Therapie muss diese geplant werden. Dabei werden beispielsweise das Ausmaß einer Resektion und der Sicherheitsrand um den Tumor festgelegt. Dabei ist die Nähe zu wichtigen Strukturen zu beachten und zu überlegen, ob Strukturen rekonstruiert werden müssen. Ziel dieser Systeme ist, im Gegensatz zu Chirurgie-Simulatoren, nicht die Handhabungssimulation.

Neben der szenariobasierten Konzeption gibt es einige andere Aspekte, die beim Design der Trainingssysteme berücksichtigt werden sollten.

4.1 Nutzung eines Instruktionsdesign-Modells

Um ein Trainingssystem zu entwickeln, welches Wissen und Fertigkeiten auf effektive Weise vermittelt, ist die Nutzung eines Instruktionsdesignmodells hilfreich. Wir empfehlen das Vier-Komponenten-Instruktions-Design-Modell (4C/ID-Modell) nach (Merriënboer et al. 2002). Dieses Modell unterstützt den Transfer von prozeduralem Wissen und ist damit für die Konzeption von chirurgischen Trainingssystemen gut geeignet. Es sieht ein Training von Teilaufgaben vor, die im Rahmen einer Gesamtaufgabe sicherheitskritisch sein können. Das Modell gliedert die Trainingsfälle in einfache bis komplexe Klassen. Weiterhin wird zwischen unterstützenden und einsatzsynchrone Informationen unterschieden, die dem Lernenden an unterschiedlichen Stellen im Trainingsprozess angeboten werden.

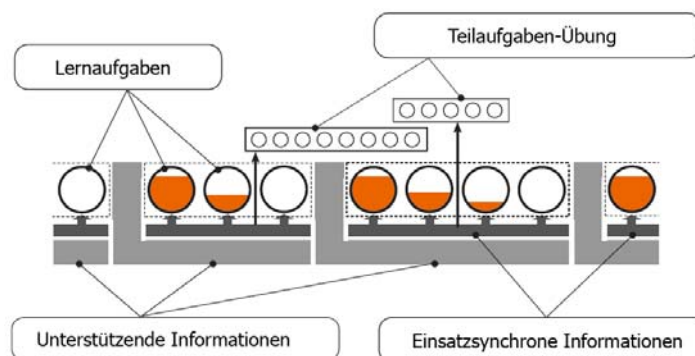


Abbildung 2: Graphische Darstellung der vier Komponenten: Lernaufgaben, Teilaufgaben-Übung, unterstützende Informationen und einsatzsynchrone Informationen (modifiziert nach [vMCdC02]).

4.2 Vermittlung von implizitem Expertenwissen

Bei einer Therapieentscheidung und -durchführung spielt das implizite Wissen erfahrener Ärzte eine große Rolle. Entscheidungen werden von ihnen oft intuitiv getroffen, aus persönlichen Erfahrungen heraus und ohne bewusst darüber nachzudenken. Für ein chirurgisches Trainingssystem ist es wichtig, dieses implizite Wissen der Ärzte darüber, wie sie Entscheidungen treffen (welche Überlegungen sie dabei machen, wie sie eine bestimmte Situation bewerten, wie sie Alternativen in Betracht ziehen und gegeneinander abwägen, welche Argumente sie benutzen, welche persönlichen Erfahrungen sie in die Entscheidung einfließen lassen, welche Normen sie bei der Entscheidung berücksichtigen) explizit zu machen und damit im Lernsystem und für das Training nutzbar zu machen. Dieser Vorgang kann durch die Erstellung von Szenarien stark unterstützt werden. Sie sollten gemeinsam mit chirurgischen Experten erstellt werden. Die Auswahl einer repräsentativen Menge von Trainingsfällen, die notwendigen Fallinformationen sowie die Details der Fallpräsentationen können so ermittelt werden.

4.3 Fallvarianten

Aus der Diskussion über initiale Szenarien entstand bei den Anwendern die Idee, dass es zu jedem Fall Varianten mit geringfügigen Abwandlungen (z.B. in der Anatomie, der Lage und Größe pathologischer Veränderungen) geben sollte, die aber jeweils zu einer anderen Therapieentscheidung bzw. einem anderen Vorgehen führen. So soll den Lernenden verdeutlicht werden, dass nur kleine Abweichungen der Anatomie oder Pathologie eines Falls die Wahl einer Therapie stark beeinflussen können. Integriert werden sollte diese Präsentation von Differentialtherapien im Zusammenhang mit dem Originalfall. Nach der Bearbeitung eines Trainingsfalls hat der Lernende die Möglichkeit anhand einiger anderer Varianten dieses Falls erneut seine Therapievorschlüsse zu erstellen, zu denen er Feedback der Experten bekommt. Auf diese Weise muss kein komplett neuer Fall geladen werden, der Lernende muss sich nicht wieder bis zur Entscheidungssituation vorarbeiten und die Auswirkungen minimaler Variationen des Befundes werden deutlicher, als wenn sie in separaten Trainingsfällen präsentiert werden würden.

4.4 Theoretische Komponenten

Neben dem fallbasierten Charakter chirurgischer Trainingssysteme ist es aus unserer Sicht sinnvoll, dass es auch *motivierende und theoretische Komponenten* enthält. Auch hier haben sich die Szenarien zur Diskussion über den Stellenwert und das Verhältnis der einzelnen Komponenten als hilfreich erwiesen. Die theoretischen Komponenten sollten nicht einfach Lehrbuchwissen in Form von Texten und Bildern wiedergeben. Hier sollten die Möglichkeiten des Mediums Computer genutzt werden, um beispielsweise mit Hilfe von interaktiven Modellen den Lernenden aktiv theoretisches Wissen zu vermitteln.

5 Konzeption des SpineSurgeryTrainers

Basierend auf diesen allgemeinen Aspekten des Entwurfs chirurgischer Trainingssysteme beschreiben wir nun exemplarisch die Konzeption des SPINESURGERYTRAINERS. Der Fokus liegt dabei auf der Nutzung von Szenarien im Designprozess. Aufgrund der starken Eingebundenheit der Ärzte in den klinischen Alltag erfolgte die Entwicklung und Diskussion der Szenarien mit nur einem Facharzt der Orthopädie (als medizinischer Experte) und einem Arzt in der Ausbildung (als Vertreter der zukünftigen Anwender). Die Ziele des Trainingssystems sowie die Eigenschaften und Wünsche der Anwender können so, wenn auch zunächst aus einem eingeschränkten Blickwinkel, in den Designprozess einfließen. Eine Evaluation des Systems in regelmäßigen Abständen, noch während der Entwicklung, mit zukünftigen Anwendern, und die Diskussion über die Inhalte mit weiteren Experten sind allerdings notwendig.

5.1 Medizinischer Hintergrund und Ziele

Der Schwerpunkt in der Wirbelsäulenchirurgie liegt bei der Therapiefindung. Für eine Erkrankung existieren verschiedene Behandlungsstrategien und der behandelnde Arzt muss entscheiden, welche Strategie für den speziellen Fall die effektivste ist. Dazu werden der radiologische Befund, die neurologischen Ausfallerscheinungen, die Beschwerden und das soziale Umfeld des Patienten herangezogen. Für die chirurgische Planung ist es wichtig, die räumlichen Beziehungen zwischen nervalen und spinalen Strukturen sowie die Lage der Wirbelsäule zu den umliegenden Muskeln, Gefäßen und Drüsen zu kennen. Um diese anatomischen Kenntnisse, Therapiemöglichkeiten und Entscheidungskriterien zu vermitteln und das Training der virtuellen Therapie zu ermöglichen, wird der *SPINESURGERYTRAINER* entwickelt. Er ermöglicht angehenden Ärzten das Training des medizinischen Workflows in der Wirbelsäulenchirurgie von der Diagnose über die Therapieentscheidung bis zur virtuellen Planung und Durchführung dieser Therapie. Außerdem können die Lernenden ihren Planungsweg mit dem eines Experten vergleichen. Optional bekommen die Lernenden die Möglichkeit, mehrere Varianten eines Falls zu planen, um so Erfahrungen zu sammeln, inwiefern die Therapieentscheidung durch geringfügige Veränderungen des Befundes beeinflusst wird. Die Varianten können z.B. durch kleine Verschiebungen der Anatomie oder Abweichungen der symptomatischen Beschwerden des Patienten entstehen.

Zusätzlich zu den praktischen Aspekten können theoretische Grundlagen anhand allgemeiner Beispiele interaktiv erlernt beziehungsweise vertieft werden. Ein theoretisches Modul im SPINESURGERYTRAINER vermittelt beispielsweise, welche Nervenwurzel ein bestimmtes Hautareal versorgt und welche Auswirkungen eine Quetschung dieser Nervenwurzel zum Beispiel durch einen Bandscheibenvorfall hat. Der Nutzer kann interaktiv entscheiden, welche Nervenwurzel nur noch bedingt oder gar keine Impulse mehr weiterleitet und bekommt vom System die Rückmeldung welche Rezeptoren dadurch ausfallen und welche Symptome bei dem Patienten auftreten würden.

5.2 Workflow des Trainings

Die Struktur des Trainings mit dem SPINESURGERYTRAINER orientiert sich am klinischen Workflow. Nach der Auswahl des Trainingsfalls folgt der Prozess der Diagnosestellung mit Hilfe der bereitgestellten Patientendaten und Untersuchungsergebnisse. Dazu müssen die Anamnese und die Untersuchungen bewertet und die MRT-Daten sowie das interaktive 3D-Modell exploriert werden. Daraufhin kann der Lernende die Therapieentscheidung treffen und die Planung der ausgewählten Therapie durchführen. Nach abgeschlossener Therapieplanung wird im Analyseschritt seine Planung mit der mehrerer Experten verglichen. Abschließend besteht die Möglichkeit, sich über den Ablauf der realen Operation und über die Nachuntersuchungen zu informieren (Abb. 3).

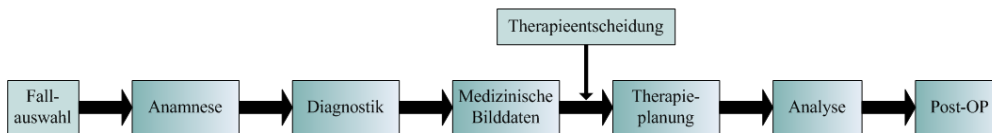


Abbildung 3: Workflow des Trainings mit dem SPINESURGERYTRAINER

5.3 Anwendung der Szenarien bei der Konzeption

Mit Hilfe der klinischen Partner wurden zunächst einige Szenarien (*User Stories*) erstellt, an denen der Grundaufbau des SPINESURGERYTRAINERS diskutiert werden konnte. Da sich bei der Diskussion herausstellte, dass eine Therapieentscheidung nur möglich ist, wenn alle medizinischen Daten, wie Patientendaten, Anamneseinformationen und die 2D-Aufnahmen berücksichtigt werden, ergab sich für den SPINESURGERYTRAINER ein Grundgerüst, das im starken Bezug zum realen medizinischen Workflow steht. Durch Abstraktion und Zusammenfassung einiger *User Stories* entstanden *Conceptual Scenarios*, die den Grundaufbau und das Design beschreiben und erste Möglichkeiten der Vorgehensweise eines Benutzers darstellen. Mit ihrer Hilfe war eine effektive Kommunikation mit den Chirurgen möglich.

Für detaillierte Arbeitsschritte waren Beschreibungen durch *Concrete Scenarios* nötig, die das *Conceptual Scenario* erweiterten. Die *Concrete Scenarios* beschreiben jeweils nur einen kleinen Teil im Ablauf des SPINESURGERYTRAINERS, zum Beispiel wie genau der Nutzer des Programms eine Injektion virtuell planen kann. Diese Teilaufgabe wird durch sie sehr detailliert geschildert. Wichtige Anmerkungen dazu, beispielsweise einen Gefahrenhinweis einzublenden, falls wichtige Strukturen wie Blutgefäße getroffen werden, konnten damit diskutiert werden. Abschließend entstanden *Use Cases* um den Prototyp zu evaluieren und zu verbessern. Sie geben einen Überblick über den genauen Aufbau und Ablauf des Systems und liefern Hinweise zur Umsetzung des Programms. Alle möglichen Interaktionen zwischen Benutzern und System werden hier zusammengefasst und erläutert.

Die Diskussionen mit den chirurgischen Experten bezogen sich vor allem auf inhaltliche Aspekte (Soll-Szenarien - welche Fälle und welche Falldaten, welche anatomischen Grundlagen sollten integriert werden, was genau soll mit dem System vermittelt werden). Im Gegensatz dazu gaben die Diskussionen mit Lernenden Aufschluss darüber, wie ihrer Meinung nach die Lerninhalte vermittelt werden sollten. Ihnen ist eine Abgrenzung zu anderen Lehrmitteln (z.B. Fallsammlungen, multimediale Präsentationssystemen, Lehrbüchern) wichtig. Beispielsweise sollte der Fokus des Trainingssystems eher auf die interaktive 3D-Visualisierung und das Training der Intervention und Vertiefung der anatomischen Kenntnisse auf Basis des 3D-Modells gerichtet sein, als auf die Patientenpräsentation und Diagnosestellung.

5.4 Beispielszenarien

Im Folgenden sind beispielhaft einige Soll-Szenarien, die im Verlauf der Konzeption entstanden sind, dargestellt. Hieran wird der Entwurfsprozess des Trainingssystems deutlich.

User Story: *„Der angehende Facharzt soll zum ersten Mal eine Injektion im Bereich der Halswirbelsäule injizieren. Er ist sehr unsicher und möchte den Vorgang deshalb trainieren, um seine Fähigkeiten testen zu können und mit mehr Selbstbewusstsein seine erste Injektion am Patienten durchzuführen. Er überlegt deshalb die Vorgehensweise zunächst an einer Leiche zu üben. Außerdem soll ein Experte bei dieser Übungsinjektion dabei sein, damit ihm frühzeitig Fehler aufgezeigt werden können. Das Problem ist, dass im Moment kein Experte einen Termin frei hat und auch ein Übungsobjekt nicht zur Hand ist. Da er unter Zeitdruck steht und das Training lieber sofort beginnen würde, entscheidet er sich, die Injektion virtuell mit dem Trainingssystem SPINESURGERYTRAINER zu trainieren. Dazu setzt er sich zu Hause an seinen Computer und startet das Programm. Hier kann er ein Übungsobjekt (medizinischen Trainingsfall) nach seinen Vorstellungen aussuchen und bearbeiten. Er wählt also einen Fall, bei dem ein Bandscheibenvorfall mit einer Injektion behandelt werden kann. Zu Beginn des Programms werden ihm die Patientendaten und Anamnesedaten des Trainingsfalls aufgezeigt. Auch die Untersuchungsergebnisse sind protokolliert. Anhand dieser Informationen kann er eine Entscheidung für eine Therapie fällen und entscheidet sich, dem Patienten eine Injektion zu geben, um dessen Schmerzen zu lindern. Mit Hilfe der vom Programm zur Verfügung gestellten 2D- und 3D-Daten des Patienten kann er nun die Injektion virtuell durchführen und den Einstichwinkel sowie den Weg der Injektionsnadel durch das Gewebe nachvollziehen. Das trainiert das dreidimensionale Vorstellungsvermögen des Arztes und das mentale Schema vom Injektionsvorgang. Durch den darauf folgenden Vergleich mit dem Injektionsvorgang eines Experten kann er Fehler in seiner Durchführung erkennen und beheben sowie erneut trainieren. Auch ähnliche medizinische Fälle kann er im Anschluss virtuell behandeln und so sein Behandlungsspektrum und das dazu nötige Wissen vertiefen.“*

Conceptual Scenario: *„Der angehende Facharzt soll zum ersten Mal eine Injektion im Bereich der Halswirbelsäule injizieren. Er ist sehr unsicher und möchte den Vorgang deshalb zunächst trainieren. Er wählt den SPINESURGERYTRAINER, um den Prozess einer Injektion virtuell nachzuvollziehen. Er öffnet das Programm, wählt einen Übungsfall aus, bei dem ein*

Bandscheibenvorfall in der Halswirbelsäule behandelt werden muss und beginnt zunächst mit der Begutachtung der Patienten- und Anamnesedaten. Dann entscheidet er sich für eine Injektion als Therapie und trainiert virtuell anhand der MRT-Daten des Patienten und dem dazu rekonstruierten 3D-Modell wie die Injektion gesetzt wird [Concrete Scenario 1]. Als selbstständige Kontrolle kann er dann seinen Prozess der Injektion mit dem eines Experten vergleichen [Concrete Scenario 2]. Dieses Training kann er beliebig oft wiederholen und auch an anderen Übungsfällen nachvollziehen.“

Concrete Scenario 1 (Detail Planung der Injektion): *„Bei der Planung einer Injektion muss der behandelnde Arzt darauf achten, den richtigen Injektionsweg zu verfolgen, damit keine unnötigen Verletzungen auftreten und die Injektion ihr Zielgebiet erreicht [Anmerkung 1]. Um sich genauer erklären zu lassen, wie eine Injektion gesetzt werden kann, öffnet der Arzt über den Hilfe-Button im Menü einen Hilfetext und liest sich die Hilfeinformation zu diesem Schritt noch einmal genau durch. Dann wählt er die Therapie über den Button „Injection“ aus und beginnt mit der virtuellen Planung. Mit der Maus und einem Linksklick setzt er dazu in den 2D-Schichtbildaufnahmen des Patienten einen Marker für den Einstichpunkt und einen Marker für den Zielpunkt der Injektionsnadel. Dafür muss er durch die Schichten navigieren und benutzt dafür den Schieberegler neben dem Datenfenster. Die Nadel nimmt sofort die entsprechende Position ein. In einer Animation, die nach der Nadelplatzierung über den Button „Show Animation“ aufgerufen werden kann, kann er sich den Vorgang des Injizierens im 3D-Modell anzeigen lassen und auch manuell, mit Hilfe eines Schiebereglers, die Nadel vor und zurück bewegen, um den genauen Weg der Injektionsnadel nachvollziehen zu können (Abbildung 4).“ [Anmerkung 1: Bei Kollisionen mit wichtigen Strukturen sollte eine Warnung erscheinen.]*

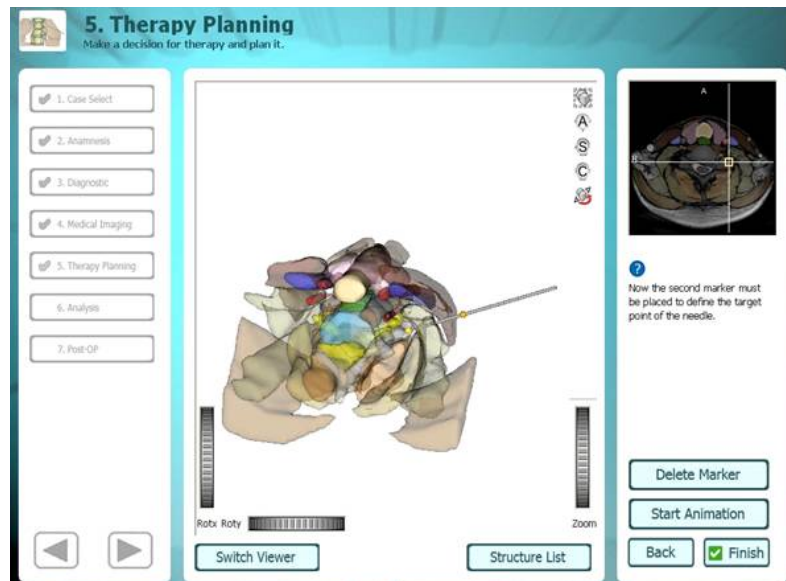


Abbildung 4: SPINESURGERYTRAINER - Therapieplanung. Im 3D-Modell (sichtbar sind die Wirbelsäule und die Bandscheiben sowie umliegende relevante Strukturen) wird eine virtuelle Injektionsnadel an eine Nervenwurzel platziert.

5.5 Anwendung des 4C/ID-Modells

Lernaufgaben. Die Trainingsfälle des SPINESURGERYTRAINERS sind entsprechend ihrer Komplexität in verschiedene Aufgabenklassen unterteilt. Nach einer detaillierten Analyse der Patientendaten, der Anamnese und Beschwerden verlangen einfache Fälle offensichtlich eine konventionelle Therapie, beispielsweise mit Physiotherapieeinheiten, oder eine einfach auszuführende Intervention, wie zum Beispiel eine Resektion eines Prolaps in einer leicht zugänglichen Position. Die Hilfe durch einen Experten nimmt innerhalb einer Aufgabenklasse ab, die Lernenden bekommen mit jedem Fall weniger Informationen geliefert, welche Teilaufgaben ausgeführt werden müssen, welche Funktionen vorhanden sind und wie sie genutzt werden.

Teilaufgabenübung. Da beispielsweise die routinierte Interaktion mit 3D-Visualisierungen eine Voraussetzung für das Training der chirurgischen Interventionen darstellt, sollte im Vorfeld für ungeübte Nutzer ein Training angeboten werden. Anhand künstlicher Modelle, einfacher 3D-Modelle der Wirbelsäule und im Verlauf immer komplexerer Modelle können sich Anfänger schrittweise mit den Techniken zur Exploration (z.B. Rotation, Verschiebung, Zoomen, Selektion usw.) vertraut machen. Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der virtuellen Planung von operativen Eingriffen ist das Einzeichnen virtueller Resektionsflächen in die Schichtbilddaten oder das 3D-Modell. Im entsprechenden Trainingsmodul können die Lernenden in ein einfaches künstliches Modell Resektionslinien einzeichnen und so durch die

Erfahrungen und Ausprobieren ein mentales Modell generieren, wie sie die Linien platzieren müssen, damit die gewünschte Resektionsfläche entsteht.

Unterstützende Informationen. Die Lernenden bekommen unterstützende Informationen im Theorieteil des Trainingssystems. Dort werden Grundlagen zur Anatomie und den verschiedenen konventionellen, interventionellen und operativen Therapien vermittelt. Dafür stehen beispielsweise Auszüge aus Lehrbüchern, Expertenbeiträge sowie Videos und Fotos realer Eingriffe zur Verfügung. Weiterhin bekommen sie unterstützende Informationen im Verlauf der Bearbeitung eines Falls in Form von Expertenkommentaren und in der anschließenden Analyse der Therapieplanung.

Einsatzsynchrone Informationen werden den Benutzern beispielsweise in Form von Hilfetexten und Expertenkommentaren geliefert, die sie bei der Ausführung einer bestimmten Aufgabe unterstützen. Dies kann beispielsweise die schrittweise Beschreibung zur Platzierung der Injektionsnadel in den Schichtbilddaten sein oder die Beschreibung eines Experten zum Vorgehen bei einer Diagnosestellung.

Ein weiteres Beispiel für die Anwendung des 4C/ID-Modells bei der Konzeption eines chirurgischen Trainingssystems für die Leberchirurgie ist in [Cordes et al. 2006] zu finden.

6 Empfehlungen für die Nutzung von Szenarien

Ideal ist eine Vorgehensweise, bei der die chirurgischen Experten und die zukünftigen Nutzer des Systems, die Lernenden, die Szenarien erstellen. Allerdings ist dieser Ansatz aufgrund der Eingebundenheit der Ärzte in den klinischen Alltag in den meisten Fällen nicht realisierbar. Deshalb sollten von den Entwicklern jeweils erste Vorschläge für Szenarien gemacht werden, die als Diskussionsgrundlage dienen. Die Aufgabenanalyse (Beobachtungen, Interviews, ...) wird dadurch darauf fokussiert, die für die Szenarienerstellung notwendigen Informationen zu erfassen, insbesondere auch Fragen der Motivation und Akzeptanz. Unklarheiten werden den Entwicklern bei der Erstellung der Szenarien oft sehr deutlich.

User Stories. Auf Basis von Gesprächen mit chirurgischen Experten und, falls möglich, Teilnahmen an den zu trainierenden chirurgischen Interventionen, sollten von den Entwicklern erste User Stories entworfen werden. Diese User Stories sollten die Anwendergruppe charakterisieren und die klinischen Vorgehensweisen widerspiegeln (Ist-Szenarien). Sie dienen zur gemeinsamen Diskussion von Entwicklern, chirurgischen Experten und zukünftigen Anwendern über die Lernziele und den möglichen Grundaufbau des Trainingssystems (Soll-Szenarien). Die Menge an notwendigen bzw. wünschenswerten Trainingsfällen und die für jeden Fall notwendigen Informationen und Daten können bestimmt werden.

Conceptual Scenarios. Durch Abstraktion und Zusammenfassung der User Stories entstehen im nächsten Schritt Conceptual Scenarios. Sie beinhalten Informationen über allgemeine Anforderungen und die Trainingsschritte des Systems sowie erste Designvorschläge. Die neuen Conceptual Scenarios sollten ebenfalls wieder mit allen Beteiligten diskutiert, überarbeitet und verfeinert werden.

Concrete Scenarios. Für die einzelnen Teilschritte des Trainings bzw. der Interaktionen werden anschließend Concrete Scenarios erstellt. Sie beschreiben jeweils für einen speziellen Teilschritt alle vorhandenen Bedienelemente, Funktionen und die durch den Benutzer notwendigen Interaktionen zur Erfüllung der Aufgabe. Gespräche mit allen Beteiligten sollten dazu dienen, schon vor der Umsetzung der Designvorschläge mögliche Schwierigkeiten innerhalb der in den Szenarien beschriebenen Abläufe aufzudecken. Auf Basis der Conceptual Scenarios werden die Designideen erstmals prototypisch umgesetzt.

Use Cases. Abschließend werden aus den Conceptual Scenarios Use Cases generiert. Sie enthalten alle möglichen Interaktionen zwischen dem Benutzer und dem System und berücksichtigen dabei ebenfalls leicht variierende Umstände. Die Use Cases werden genutzt, um den Prototyp in einer formativen oder summativen Evaluation zu testen und zu verbessern.

Für die Konzeption chirurgischer Trainingssysteme sollten verschiedene Szenarien entwickelt werden, die alle Bereiche des Trainings abdecken. Nach unseren Erfahrungen betrifft das folgende Aspekte:

- Benutzerdefinierte Einstellungen (z.B. Wahl des Hilfemodus, Favorit der Experten, Standardansichten bzw. -parameter der Visualisierung, ...)
- Fallauswahl (z.B. Wahl eines einzelnen Falls, Zusammenstellung einer Liste mit mehreren zu trainierenden Fällen, zufällige Auswahl, ...)
- Diagnosestellung (z.B. Anamnese, Untersuchungen, Medizinische Bilddaten, ...)
- Therapieentscheidungen (z.B. auf welcher Basis werden welche Entscheidungen getroffen? Wer ist daran beteiligt? Wie sollen die Informationen präsentiert werden?)
- Analyse des Trainingsergebnisses (z.B. visueller/textueller Vergleich, qualitative Bewertung in Punkten/Prozenten, Expertenkommentare, ...)
- Präsentation von Informationen zum realen OP und Post-OP-Verlauf (z.B. OP-Bericht, Laborbefunde, kommentierte Fotos, Videos, ...)
- Allgemeine Interaktionsmöglichkeiten mit den medizinischen Bilddaten und 3D-Visualisierungen (z.B. Slicen, Rotation, Zoomen, Selektion, ...)
- Integration von Fallvarianten
- Inhalte der verschiedenen Hilfemodi/ Expertenunterstützung
- Für die verschiedenen Therapievarianten (z.B. Leber - Resektion/Ablation, Wirbelsäule - Injektion/Physiotherapie/Versteifung/Resektion, ...) jeweils einfache und komplexe Beispiele

In den Szenarien sollte auf die unterschiedlichen Kenntnisse und Vorerfahrungen der Nutzer, z.B. Chirurgie-Erfahrung, PC-Kenntnisse, Vertrautheit mit 3D-Modellen und -Interaktion eingegangen werden.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Für eine benutzerzentrierte Entwicklung chirurgischer Trainingssysteme ist ein szenariobasiertes Design, mit der Einteilung der Szenarien in vier Typen (Use Cases, Conceptual Scenarios, Concrete Scenarios, Use Cases) nach (Benyon et al. 2005), hilfreich. Nach der Identifikation von Szenarien müssen diese außerdem für eine sinnvolle Unterstützung des Entwicklungsprozesses effizient verwaltet werden. Dazu ist es unter anderem wichtig, Redundanzen in den Szenarien zu reduzieren, Abhängigkeiten zwischen einzelnen Szenarien deutlich zu machen und, um den Entwicklungsprozess der Szenarien nachvollziehbar zu gestalten, auch Änderungen und Anmerkungen zu verwalten.

Daher ist es essentiell, ein intuitives und effektives Werkzeug für die Verwaltung der Szenarien zu entwickeln, um den gesamten Entwicklungsprozess bestmöglich zu unterstützen. Als Orientierung dienen dabei beispielsweise Systeme des Projektmanagements in der Softwareentwicklung, die Versionen und Testergebnisse dokumentieren und so den Entwicklungsprozess transparent gestalten. Die Verwaltung kann beispielsweise webbasiert mit Hilfe von Links zwischen abhängigen Szenarien erfolgen.

Bisher haben wir Szenarien nur in den frühen Phasen der Entwicklung chirurgischer Trainingssysteme verwendet und ihren Nutzen gezeigt. Ihr Einsatz in späteren Phasen, beispielsweise bei der Evaluierung, sollte ebenfalls untersucht werden. Speziell für die Evaluierungsergebnisse muss ebenso die Verwaltung und Zuordnung der Ergebnisse zu den entsprechenden Szenarien durchdacht werden. Eine weitere sinnvolle Ergänzung der Szenarien ist deren Illustration durch die Einbindung von Designskizzen oder Screenshots. Diese visuellen Komponenten spielen beim Entwurf chirurgischer Trainingssysteme eine wichtige Rolle, z.B. um geeignete Farbkombinationen bei der Darstellung anatomischer Strukturen zu erproben. Dieses Bildmaterial muss gleichfalls effektiv verwaltet und mit den zugehörigen Szenarien verlinkt werden.

8 Literaturverzeichnis

- Benyon D., Turner P. & Turner S. (2005). *Designing Interactive Systems*. Addison Wesley.
- Brinkley J. & Rosse C. (1997). The DigitalAnatomist distributed framework and its applications to knowledge-based medical imaging. *Journal of the American Medical Informatics Association*, Band 4(3), Seiten 165-183.
- Cordes, J., Mühler, K., Oldhafer, K.J., Stavrou, G., Hillert, C. & Preim, B. (2007). Szenariobasierte Entwicklung eines Chirurgischen Trainingssystems. In *eLearning in der Medizin und Zahnmedizin (Proceedings 11. Workshop der GMDS AG)*, Seiten 17-30. Shaker Verlag.
- Cordes, J., Muehler, K. & Preim, B. (2006) Die Konzeption des LiverSurgery-Trainers. In *GI-Workshop "Softwareassistenten - Computerunterstützung für die medizinische Diagnose und Therapieplanung"* im Rahmen der *GI-Jahrestagung 2006*, Seiten 514-521. Springer.

- Gering D.T., Nabavi A., Kikinis, R., Grimson, W.E.L., Hata, N., Everett, P., Jolesz, F. & Wells, W.M. (1999). An integrated visualization system for surgical planning and guidance using image fusion and interventional imaging. *MICCAI*, Seiten 809–819.
- Golland P., Kikinis R., Halle M., Umans C., Grimson, W.E.L., Shenton, M.E. & Richolt, J.A. (1999). AnatomyBrowser: A Novel Approach to Visualization and Integration of Medical Information. *Journal of Computer Assisted Surgery*, Band 4, Seiten 129-143.
- Hatscher, M. & Beringer J. (2003). *Customer-Centered „New Application“ Design*. GC-UPA Track.
- Kühnapfel, U., Cakmak, H. & Maaß, H. (2000). Endoscopic surgery training using virtual reality and deformable tissue simulation. *Computers and Graphics*, Vol. 24, Seiten 671-682.
- van Merriënboer, J.J.G., Clark, R.E. & de Croock, M.B.M. “Blueprints for Complex Learning: The 4C/ID-Model”. In *Educational Technology Research & Development*, number 50(2), pages 39–64, 2002.
- Niegemann, H., Hessel, S., Hochscheid-Mauel, D., Aslanski, K., Deimann, M., Kreuzberger, G. (2004). *Kompendium E-Learning*. Springer Verlag.
- Pflesser, B., Leuwer, R., Tiede, U. & Höhne, K.H. (2000). Planning and rehearsal of surgical interventions in the volume model. *Studies in health technology and informatics*, Band 70, Seiten 259–264.
- Rosson, M.B. & Carroll J.M. (2002). *Usability Engineering. Scenario-based development of human-computer interaction*. Academic Press.
- Tanzer, S. & Buck, B. (2006). Das Szenario als Werkzeug in der Technischen Dokumentation - Ein benutzerorientierter Ansatz. *Tagungsband der tekomp-Jahrestagung*.