

Aus der Klinik für Nuklearmedizin  
Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. med. Thomas M. Behr

des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg  
in Zusammenarbeit mit dem Universitätsklinikum Gießen und  
Marburg GmbH, Standort Marburg

**Entwicklung und curriculare Integration einer internetbasierten  
Lerneinheit in der Radiologie –  
Eine experimentelle Evaluationsstudie**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der  
gesamten Humanmedizin  
dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von  
Thomas A. Jäger aus Marburg  
Marburg, 2007

Angenommen vom Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg am:  
30.04.2007

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs.

Dekan: Prof. Dr. med. Bernhard Maisch

Referent: PD Dr. med. Martin Gotthardt

1. Korreferent: Prof. Dr. rer. nat. Jan Koolman

Für meine Eltern  
und für Corinna

1. Einleitung.....	1
1.1 E-Learning .....	1
1.1.1 Entwicklung und gegenwärtiger Stand des e-Learning .....	2
1.1.2 e-Learning: Pro und Contra.....	4
1.2 Curriculare Integration von e-Learning .....	7
1.3 Gestaltung von e-Learning-Kursen .....	9
1.4 Verwendung von Aufgaben zur Lernförderung und Wissensdiagnostik.....	11
2. Material und Methoden .....	14
2.1 Lerneinheit „Lungenszintigraphie“ .....	14
2.1.1 Autorenprozess im Projekt k-MED.....	15
2.1.2 Aufbau und Gestaltung der Lerneinheit.....	16
2.1.3 Test- und Übungsaufgaben .....	21
2.2 Versuchsdurchführung.....	23
2.2.1 Organisation des Radiologie-Kurses an der Universität Marburg.....	24
2.2.2 Learning Managment System.....	24
2.2.3 Curriculare Integration des Kurses „Lungenszintigraphie“ .....	26
2.2.4 Beurteilungsfragebogen .....	27
3. Ergebnisse .....	29
3.1 Lern-/Bearbeitungszeit.....	29
3.2 Navigationsverhalten .....	30
3.3 Beurteilung durch die Kursteilnehmer .....	30
3.4 Lernerfolg .....	36
3.5 Auswirkung der Kursvariation durch Übungsaufgaben .....	37
4. Diskussion .....	39
4.1 Lern-/Bearbeitungszeit.....	39
4.2 Navigationsverhalten .....	39
4.3 Beurteilung durch die Kursteilnehmer .....	41
4.4 Lernerfolg .....	43
4.5 Auswirkung der Kursvariation durch Übungsaufgaben .....	43
4.6 Schlussfolgerungen .....	44
5. Zusammenfassung.....	48
Abkürzungsverzeichnis .....	50
Literaturverzeichnis .....	51
Meine akademischen Lehrer .....	61
Danksagung .....	62

# 1. Einleitung

In der vorliegenden Studie wurde eine webbasierte Lerneinheit zum Thema „Lungenszintigraphie“ im Rahmen des Verbundprojektes „k-MED“ erstellt und im Radiologie-Kurs der Universität Marburg integriert. Eine umfangreiche Evaluation wurde durchgeführt, die Lernerfolg und –zeit, Akzeptanz durch die Kursteilnehmer und Auswirkungen einer experimentellen Variation des Einsatzes von Übungsaufgaben ermittelte. Dieses Kapitel gibt zunächst einen Überblick über den Wissensstand zum Thema e-Learning, die historische Entwicklung, die gegenwärtig bekannten Vor- und Nachteile und einen Vergleich von e-Learning mit traditioneller Lehre. Im Anschluss werden Empfehlungen zur Integration von e-Learning ins gegebene Curriculum dargestellt. Schließlich werden Aspekte für eine gelungene Gestaltung eines web-basierten Kurses und die Wirksamkeit von Aufgaben zur Lernförderung abgehandelt.

## *1.1 E-Learning*

E-Learning (electronic-learning) bezeichnet die Formen von Lernen, bei denen digitale Medien zur Distribution von Lernmaterial oder zur Kommunikation eingesetzt werden. Hughes (2002) unterscheidet nach der Art und Weise, wie digitale Medien zur Lehrstoffdarbietung eingesetzt werden, verschiedene Formen von e-Learning:

- Elektronische Bücher
- Video-Materialien
- Frage-und-Antwort-Systeme
- Simulationen
- Tutor-Systeme

Elektronische Bücher bieten Lehrstoff ähnlich Printmedien in elektronisch aufbereiteter Form dar. Zusammen mit den Video-Materialien zählen sie zu den Präsentationssystemen. Frage-und-Antwort-Systeme und Simulationen bieten dem Ler-

nenden darüber hinaus interaktive Elemente, die es ihm ermöglichen, auf verschiedene Aspekte des elektronischen Lehrmaterials Einfluss zu nehmen. Die aufwendigste Form von e-Learning stellen die intelligenten tutoriellen Systeme (ITS) dar. In ihnen wird versucht, flexible adaptive Systeme zu schaffen, jedes erdenkliche Verhalten des Lernenden in den Ablauf mit einzuplanen, und auf diese Weise das Lehrsystem in die Lage zu versetzen, sich an jede Situation im Lernprozess anpassen zu können.

Ein weiteres wichtiges Unterscheidungskriterium von e-Learning ist das darbietende Medium. Hier ist zu differenzieren, ob das Lehrmaterial auf austauschbaren Datenträgern (CD-/DVD-ROM) oder über das Intranet/Internet angeboten wird (Grunewald 2003). In ersterem Fall wird von „Computer Based Training/Teaching (CBT)“ gesprochen. In der Literatur häufig synonym verwendete Begriffe sind „Computer Based Learning (CBL)“ und „Computer Aided/Assisted Instruction (CAI)“. Im Falle der Darbietung des Lehrmaterials über Intranet/Internet, wird die Bezeichnung „Web Based Training/Teaching (WBT)“ verwendet. Die Nomenklatur in diesem Bereich ist jedoch nicht einheitlich. Grenzen manche Autoren WBT vom klassischen CBT explizit ab, wie oben beschrieben, verwenden andere „CBT“ als Sammelbegriff analog zum Begriff „e-Learning“. Da in der vorliegenden Studie eine webbasierte Lerneinheit zum Einsatz kam, wird im Folgenden von WBT gesprochen.

### **1.1.1 Entwicklung und gegenwärtiger Stand des e-Learning**

Die Entwicklung von e-Learning begann bereits in der 50er Jahren (Schittek et al. 2001). Zu dieser Zeit fungierten Computer als umfangreiche Wissens-Datenbanken, die Lernenden Selbst-Tests ermöglichten (Wenzel & Gottfredsen 1997). Zu einer Zunahme der Entwicklung kam es in der 70er Jahren (Schittek et al. 2001), und es wurden Lernsysteme mit folgenden Prinzipien entwickelt (Kerresen & Pazdernik 2002):

- Hohe zeitliche Verfügbarkeit
- Lerntempo vom Lernenden bestimmbar

- Häufige und schnelle Kommunikation zwischen Lernenden und Dozenten möglich
- Berücksichtigung von Erkenntnissen der Lerntheorie

Eine enorme Steigerung der Bedeutung und Verbreitung von elektronischen Lernmedien erfolgte durch das 1981 von IBM eingeführte Modell „5150“, besser bekannt als IBM Personal Computer (PC) (Schitteck et al. 2001). In den folgenden Jahren waren die Prognosen und die Stimmung hinsichtlich der Bedeutung von e-Learning optimistisch (Seaward 1981); darin wurde ein populärer Lernweg gesehen (Lufingham 1998). Studien belegten die Lernwirksamkeit von e-Learning, zeigten jedoch auch, dass dieses den traditionellen Lernmethoden gegenüber „nur“ gleichwertig war (Ram et al. 1997). Je neuer die Studie, desto überlegener stellt sich die Lernwirksamkeit von e-Learning dar, wofür u.a. eine Zunahme der Benutzerfreundlichkeit und der zur Verfügung stehenden Medien ausschlaggebend ist (Schitteck et al. 2001). Die einsetzende Hardware-Revolution schuf die Voraussetzungen für den weiteren Einsatz von Computern in der Aus- und Weiterbildung (Musch 1999). Kleimann et al. (2005) beschrieben eine Zunahme des e-Learning Angebots in Deutschland seit den späten 90er Jahren durch Förderprogramme von Bund und Ländern. In einer Studie zur Bekanntheit und Nutzung von e-Learning unter Hochschülern in Deutschland konnten für den Zeitraum 2000-2003 eine große Steigerung der Nutzung insbesondere zur Lehrveranstaltungsbegleitung, gute Zugangsmöglichkeiten durch eine höhere Verbreitung von Internet-Zugängen als im Bevölkerungsdurchschnitt und ein fächerabhängiger Bekanntheitsgrad mit einer hohen Quote bei Medizinern aufgezeigt werden.

Gegenwärtig nimmt die Nutzung des Internets zu Lehr- und Lernzwecken weiter zu (Robin & McNeill 1997), das Interesse an webbasierten Lehrangeboten steigt dramatisch an (Bourne 1998) und es herrscht eine positive Einschätzung des Potentials von e-Learning: Computer in der Lehre ermöglichen neue und bessere Wege in der Ausbildung (Maddux et al. 2001); es ist ein ausgezeichnete Zeitpunkt, mit WBT zu arbeiten (Bourne 1998). Jedoch haben negative Erfahrungen zu kritischen Einschätzungen geführt, da viele online Kurse technisch und pädagogisch schlecht konzipiert und umgesetzt worden sind und sich nicht erfolgreich in bestehende Lernszenarien integrieren lassen (Wong et al. 2003). Der Bedarf an

Unterstützung zum Lehren und Lernen auf diese Art steigt (Vogel et al. 1999). Viele Dozenten und Lernende sind immer noch in frühen Stadien der Entdeckung der effektiven Nutzung von Online-Lernmaterial (Hughes 2002). Prognosen hinsichtlich der weiteren Entwicklung sehen zwar den Beitrag des Internets zur Entwicklung neuer Lehr- und Lernformen (Nichols 1997), nehmen aber eine realistische Einschätzung vor, dahingehend, dass webbasiertes Lernen auch in Zukunft aktuelle Methoden zwar verändern aber nicht ersetzen wird (Bourne 1998). Die Erkenntnis, dass Technologie per se Ausbildung nicht effizienter macht (Robin & Mc Neill 1997), und dass weder Kurs-Material noch Lehrfähigkeiten von traditionellen Methoden auf elektronische ohne weiteres transferierbar sind (Greenhalgh 2001), lassen postulieren, dass Lehre (in der Medizin), die online dargeboten wird, verstärkt evidenz-basiert sein sollte (Sunal et al. 2003; Greenhalgh et al. 2003). Unter dieser Prämisse kann e-Learning die Lehre in der Medizin verbessern (Hesketh 2001; Morrison 2001). Die Umsetzung dieser Vorgaben in der Studie ist in den Abschnitten zur curricularen Integration, zur Kursgestaltung und zum Einsatz von Aufgaben detailliert erläutert.

### **1.1.2 e-Learning: Pro und Contra**

Die vielfältigen Vorteile von e-Learning lassen sich in der Lerneffizienz, der Aktualität des Lehrmaterials, auf subjektiv/motivationaler und auf organisatorisch-praktischer Ebene aufzeigen:

#### Lerneffizienz

- E-Learning ist traditionellem Lernen überlegen (Ayoub et al. 1998), in mehr als 60% aller Fälle erreichen Studenten einen höheren Lernerfolg als durch traditionelle Lehre (Shachar & Neumann 2003)
- Die Darbietung multipler Medien wirkt positiv auf den Lernprozess, Bilder verbessern das Behalten verbaler Informationen (Levie & Lentz 1982), Animationen lassen sich gut erinnern (MacLachan 1986)
- Speziell bei Inhalten mit hohem Bildanteil bietet e-Learning Vorteile (Harasim et al. 1995)



- Lernende erreichen in der gleichen Lernzeit einen höheren Lernerfolg, gleiche Erfolge können sie in geringerer Lernzeit erzielen (Jelovsek & Adebonojo 1993)

#### Aktualität des Lehrmaterials (insbesondere webbasiertes Lernen)

- Informationen sind rasch aktualisierbar, können räumlich und zeitlich immer aktuell gehalten werden (Achenbach et al. 1997)
- Verschiedene Software-Plattformen können Web-Inhalte darstellen, Material kann plattformunabhängig genutzt und an neue Anwendungen angepasst werden

#### Subjektiv/motivationale Aspekte

- Lernende werden stärker aktiviert, schwächere werden besonders gefördert (Schittek et al. 2001)
- Der Computer ist geduldig, der Lernende fühlt sich bei einer Falschantwort nicht dumm (Schittek et al. 2001)
- Mensch-Programm-Interaktion ist frei von sozialen Konsequenzen (Schulmeister 2000)
- Lernende können die Lerngeschwindigkeit selbst bestimmen (Schittek et al. 2001)
- E-Learning ist besonders attraktiv für den Lernenden, da es unterhaltsame Elemente in den Lehrstoff integriert (Lane & Curran 1995)

#### Organisatorisch-praktische Aspekte

- Der Lernende kann Zeit und Ort des Lernens wählen (Grunewald 2003), Reisekosten lassen sich reduzieren (Janicki & Liegle 2001)
- Der zeitliche Aufwand der Dozenten lässt sich eindämmen (Janicki & Liegle 2001)
- Der Wissensinhalt kann zeitlich und örtlich unabhängig konsistent angeboten werden (Janicki & Liegle 2001)

Nachteile ergeben sich für Dozenten, Lernende und Fakultäten:

#### Dozenten

- Lehrende müssen im e-Learning zunächst geschult werden (Schittek et al. 2001)
- In einer Vorlesung kann der Dozent Dinge zusammenhängend sagen, die es so gedruckt nicht gibt (Wofford et al. 2001), und die sich nicht ohne weiteres computerbasiert vermitteln lassen

#### Lernende

- Lernende müssen in der Lage sein, den Computer bedienen zu können (Schittek et al. 2001)
- Studenten gewinnen u.U. den Eindruck, Dozenten sei die Lehre weniger wichtig (Widström et al. 1990)

#### Fakultäten

- Die Kosten sind zu Beginn der Einführung von e-Learning hoch (Schittek et al. 2001)
- Die Entwicklung qualitativ hochwertiger Online-Kurse benötigt zwei- bis dreimal mehr Zeit als traditionelle Lehre (Goodwin 2002)

Traditionelle universitäre Lehre gibt es solange, dass wir ihre Struktur akzeptieren (Schank 1998). Diese Form der Lehre ist effektiv, es besteht aber die Notwendigkeit, noch effektivere Maßnahmen zu schaffen (Wofford et al. 2001). Die entstehenden Online-Kurse müssen sich von der derzeit angebotenen universitären Lehre unterscheiden; Online-Kurse sind keine Vorlesungen (Schank 1998). Da das Potential von e-Learning gegenwärtig am ehesten in Ergänzung der traditionellen Lehre gesehen wird (Bourne 1998), verfolgen einige aktuelle Ansätze eine Kombination aus e-Learning und Präsenzlehre. Diese Ansätze werden als „Blended Learning“ bezeichnet.

Es genügt also nicht, e-Learning-Material zu erstellen und ohne weitere Instruktionen anzubieten, denn ohne Anleitung und Unterstützung der Ausführenden werden neue Technologien in der Lehre ein expansives Desaster (Greenhalgh

2001). Es bedarf eines strukturierten evidenz-basierten Vorgehens, um entstandene Angebote bestehenden Lehrstrukturen hinzuzufügen. Wenn dabei Fehler vermieden werden und evidenz-basiert operiert wird, kann die Einführung gelingen und die Lerneffizienz verbessert werden (Bourne 1998).

## ***1.2 Curriculare Integration von e-Learning***

Um bei Einführung von e-Learning ins bestehende Curriculum evidenz-basiert vorzugehen, sollte zunächst festgestellt werden, ob es einen Bedarf / ob es Anwendungsmöglichkeiten für das geplante e-Learning-Szenario gibt (Wong et al. 2003). Hierzu bieten an den zuständigen Dozenten gerichtete Fragenkataloge die Möglichkeit, den tatsächlichen Ausbildungsbedarf zu ermitteln (Wong et al. 2003). Da die Anfangskosten bei der Gestaltung und Einführung von Online-Lehrangeboten zunächst hoch und durch viele Unbekannte schwierig zu kalkulieren sind, sollte die Finanzierung des Vorhabens bereits zu Beginn geklärt sein; ebenso Verantwortlichkeiten und zuständige Entscheidungsträger (Wong et al. 2003).

Das Erstellen der Wissensinhalte obliegt den Autoren, die hierfür verschiedener Fähigkeiten bedürfen (Wong et al. 2003). Kompetenzen sollten, sofern nicht vorhanden, vermittelt und Unterstützung im Autorenprozess bereitgestellt werden (Wong et al. 2003). Unangemessen ausgebildete Lehrende dürfen nicht online gehen (Greenhalgh 2001). Damit die erforderlichen Kenntnisse der Autoren sich nicht über relevante, jedoch fachfremde Bereiche wie z.B. HTML, XML und digitale Medien erstrecken müssen, empfiehlt sich die Verwendung eines Autorensystems, das den Autor unterstützt, ohne spezielle Programmierkenntnisse e-Learning-Inhalte zu erstellen (Murray 1996). Solche Autorensysteme ermöglichen es, auf bedienerfreundliche Art und Weise Lehrmaterial zur Online-Darbietung oder auf austauschbaren Datenträgern zu erstellen, digitale Medien zu editieren und integrieren, eine Kursnavigation zu verwenden, Dokumenten-Management zu betreiben und dabei spezielle Standards in Bezug auf das resultierende e-Learning-Material („Content“) einzuhalten. Autorensysteme bieten jedoch keine Hilfe, instruktionale und pädagogische Prinzipien zu berücksichtigen (Goldberg et

al. 1996; Lebow et al. 1996), was aber erforderlich ist (Wong et al. 2003). Die Autoren sollten ferner sicherstellen, dass eine Kommunikation/Interaktion zwischen ihnen und den Lernenden möglich gemacht wird (Brown et al. 2003).

Da der Erfolg von e-Learning eher auf dem Inhalt basiert, als auf der Raffinesse der Technologie (Kerecsen & Pazdernik 2002), kommt den Inhalten eine entscheidende Bedeutung zu. Dabei ist es ungenügend, Online-Material lediglich verfügbar zu machen (Hughes 2002), denn die erwiesenen Vorteile des e-Learning zeigen sich nur in geringem Maße, wenn konventionelle Lehrmethoden angewandt werden (Hamalainen et al 1996). Wissensinhalte müssen für die Online-Darbietung speziell aufbereitet werden, was einen arbeitsintensiven Prozess darstellt (Wong et al. 2003). Die erstellten Materialien sollten möglichst umfassende Themenbereiche abdecken, um von den Lernenden besser angenommen zu werden (Kerecsen & Pazdernik 2002).

Zur Motivation der Lernenden ist es wichtig, dass diese sich von der durch diese Lehrform entstehenden Distanz nicht gering geschätzt fühlen, sondern sich als wichtigen Teil einer Online-Lerngemeinschaft sehen (Goodwin 2002). Lernende mit hoher Computer-Erfahrung schätzen das Online-Lehrangebot positiver ein (Schittek et al. 2001), doch auch weniger geübte Teilnehmer können durch den Umgang mit den Angeboten ihre Fähigkeiten erweitern; es lassen sich mehrere Kompetenz-Stadien des Online-Lernens beschreiben, die durchlaufen werden (Salmon 2000):

1. Zugang erhalten
  - Der Lernende kann sich einloggen
  - Er postet erste Mitteilungen
2. Vertraut werden mit der Online-Umgebung
  - Der Lernende entwickelt technische Basis-Fähigkeiten
  - Er ist sicher im Senden von Nachrichten zu Lehrern und anderen Studenten
3. Suchen und Finden von Informationen
  - Der Lernende ist vertraut mit allen Funktionen der Software
4. Aufbau von Wissen
  - Der Lernende führt Handlungen aus, die zum Wissens-Aufbau führen
  - kreatives und aktives Denken

- stellt herausfordernde Fragen
- macht Vorschläge
- interaktives Denken
  - kritisiert
  - fasst zusammen
  - handelt nach Ideen

#### 5. Autonomie und Entwicklung

- Der Lernende übernimmt Verantwortung für die Weiterentwicklung
- Er bildet und verwaltet eigene virtuelle Gruppe

Zur Sicherstellung und Steigerung einer hohen Qualität der Kurse, sollte eine Evaluation durchgeführt werden. Sie sollte möglichst alle Aspekte des Kurses umfassen, darunter Materialien, Interaktivität, Lern-Umgebung, Möglichkeiten zur Selbsttestung, Kommunikation unter den Teilnehmern und technischer sowie administrativer Support. Die Evaluation sollte nicht als Extra sondern als integraler Bestandteil der Verwendung von e-Learning angesehen werden (Wong et al. 2003).

### ***1.3 Gestaltung von e-Learning-Kursen***

Die Bedeutung der Lehrinhalte von e-Learning-Material wurde bereits im Abschnitt zur Integration von e-Learning im Curriculum dargelegt. Zur gelungenen Gestaltung eines e-Learning-Kurses sollten jedoch weitere Aspekte berücksichtigt werden, die über den eigentlichen medizinischen Wissensinhalt hinausgehen. Hierzu zählen insbesondere die instruktionale Aufbereitung des Lehrmaterials, das Grafik-Design und das technische Design. Im Folgenden sind diesbezüglich einige erwiesene Prinzipien genannt. Sie sind allgemein gehalten, spezifischere Richtlinien werden ebenso wie ihre Umsetzung in Kapitel 2.1.2 "Aufbau und Gestaltung der Lerneinheit Lungenzintigraphie" beschrieben.

### Instruktionales Design

- Klare Definition der Lernziele zu Beginn des Kurses (Schank 1998; Chyung et al. 1998; Wong et al. 2003)
- Anwendung von pädagogischen Prinzipien (Janicki & Liegle 2001)
- Dem Lernenden zahlreiche Möglichkeiten bieten, sich selbst zu testen (Janicki & Liegle 2001)
- Integration von Hilfe-Seiten, um mögliche Schwierigkeiten der Nutzer (inhaltlich oder in der Bedienung) auffangen zu können (Janicki & Liegle 2001)

### Grafisches Design

- Schaffung eines konsistenten Layouts allen Kursmaterials (Janicki & Liegle 2001; Wong et al. 2003)
- Häufige Verwendung von Bildmaterial und grafischen Darstellungen.
- Abwechslung im Präsentationstil (Janicki & Liegle 2001): Animationen, Hypertext und Grafiken berücksichtigen (Greenhalgh 2001)
- Von technischen Möglichkeiten nicht verführen lassen: Hightech Aussehen ist unnötig (Wong et al. 2003), Interaktivität allein verbessert Lernerfolg nicht (Mason 1998)

### Technisches Design

- Benutzerfreundlichkeit, welche Akzeptanz des Angebotes erhöht (Glenn 1996; Mooney 1997)
- Klare Navigation, die den Lernenden in die Lage versetzt, Fortschritt und Richtung selbst zu bestimmen (Molina 1995; Tennyson 1989; Frasson & Aimeur 1997)
- Verwendung von einfachen und verfügbaren Technologien (Wong et al. 2003), die in der Hard- und Softwareumgebung der Nutzer effektiv laufen (Greenhalgh 2001)

#### ***1.4 Verwendung von Aufgaben zur Lernförderung und Wissensdiagnostik***

Neben der Verwendung zur Wissensdiagnostik, wozu sich Computer besonders eignen (Bugbee 1996), können Aufgaben in e-Learning-Umgebungen außerdem zur Lernförderung und Selbsttestung der Lernenden eingesetzt werden. Dabei wirken sie wie folgt auf das Lernverhalten ein:

- Sie aktivieren den Lerner und regen eine Auseinandersetzung mit dem Lehrstoff an (Jacobs 1998)
- Die Antizipation der Ergebnisfeststellung setzt erhebliche Lernbemühungen in Gang (Jacobs 1998)
- Sie verbessern die Lernwirksamkeit des Lehrmaterials, ohne die Lernzeit zu verlängern (Hamaker 1986; Haynie 1994; Morrison et al. 1995)
- Diese Verbesserung ist umso größer, je ähnlicher sich Übungsaufgaben und tatsächliche Testaufgaben sind (Morrison et al. 1995)
- Auch in nicht geübten Aufgaben lassen sich durch das gelungene Aktivieren des Lernenden Erfolge nachweisen (Haynie 1994)
- Richtiges Lösen der Aufgaben setzt echtes Verständnis des Wissensinhaltes voraus (Musch 1999)
- Intensiveres Lernen durch die Erwartung eines Tests führt nicht zu einer besseren Leistung, diese wird nur durch die Teilnahme am Test erreicht (Haynie 1994)

Übungsaufgaben in e-Learning-Angeboten sind demnach ein effektives Instrument, die Lerneffizienz zu verbessern und dem Lernenden Gelegenheit zu geben, seinen Lernfortschritt zu überprüfen. Die Bedeutung von Aufgaben für die Lehre machen sie zu einem wichtigen Thema weiterer Forschung (Haynie 1994). Dabei fehlt es bisher an Nachweisen über den optimalen Zeitpunkt, zu dem Übungsaufgaben in e-Learning-Kursen dargeboten werden sollten. Diesbezüglich wurde im Rahmen der vorliegenden Studie die Integration der Übungsaufgaben insofern variiert, als dass sie den Kursteilnehmern entweder am Ende der gesamten Wissensvermittlung oder bereits nach kleineren thematischen Abschnitten angeboten wurden (s. 2.1.3).

Als Aufgabentypen kommen gewöhnlich Kurz- und Langtext-, Multiple-Choice- (MC) und Forced-Choice-Aufgaben (FC) zum Einsatz. MC-Aufgaben sind effektiver im Hinblick auf die Behaltensleistung als Kurzantwort-Aufgaben (Haynie 1994). Multiple-Choice-Aufgaben lassen mehrere Antwort-Auswahlen zu, Forced-Choice hingegen nur eine. Letztere entsprechen dem in medizinischen Examina verwendeten Typus. Alle genannten Formen bieten die Möglichkeit, dem Antwortenden eine Rückmeldung zu seiner Antwort zu erteilen. Diese Rückmeldungen wirken zusätzlich lernförderlich (Bangert-Drowns et al. 1991). In Kombination mit Übungsaufgaben besteht reichlich empirische Sicherheit hinsichtlich ihrer Lernwirksamkeit (Jacobs 1998). Kulhavy & Stock (1989) unterscheiden 5 verschiedene Formen von Rückmeldungen:

- Knowledge of result (KOR)  
Der Antwortende erhält lediglich die Aussage, ob die von ihm gegebene Antwort zutreffend war. Die Wirksamkeit dieser Form ist ähnlich gering wie das Fehlen von Rückmeldungen (Jacobs 1998)
- Knowledge of correct result (KCR)  
Dem Antwortenden wird im Falle einer Falschantwort zusätzlich die richtige Lösung mitgeteilt. Rückmeldungen dieser Art zeigen eine Überlegenheit in der Lernwirksamkeit gegenüber KOR und keiner Rückmeldung (Jacobs 1998).
- Answer until correct/multiple try feedback (MTF)  
Antworten können solange gegeben werden, bis die richtige gefunden wurde.
- Elaborated Feedback  
Diese Form erfüllt die Forderung von Cyboran (1995), wonach der Lernende wissen sollte, warum eine Antwort richtig oder falsch ist, was in diesem Falle in der Rückmeldung erklärt wird. Elaborated Feedback ist insbesondere bei Falschantworten den anderen Formen überlegen (Musch 1999), weil es Fehler kenntlich macht und Instruktionen enthält, diese auszugleichen (Jacobs 1998).
- Intelligente Rückmeldesysteme  
In Anlehnung an die intelligenten tutoriellen Systeme (ITS) handelt es sich hierbei um adaptive Systeme, die alle Antwortoptionen abzudecken versu-



chen, und diese weiter differenzieren, um dem Lernenden eine an sein Unwissen bestangepasste Rückmeldung zu erteilen. Anderson et al. (1998) betrachten die Realisierung solcher Systeme als illusorisch.

Sind die Rückmeldungen positiv für den Lernenden, erhöhen sie zusätzlich seine Motivation und führen zu höher erlebter Kompetenz (Vallerand & Reid 1988; Musch 1999). Laut Twidale (1993) machen Lernende bei einem Lernsystem, das Rückmeldungen erteilt, absichtlich viele Fehler, um möglichst viele Rückmeldungen zu erhalten. Dies werde begünstigt durch das Fehlen von Angst des Lernenden, im Umgang mit dem Computer Fehler zu begehen.

## **2. Material und Methoden**

Dieses Kapitel beschreibt den Aufbau der Lerneinheit „Lungenszintigraphie“ und ihren Einsatz in der Studie als Teil des Radiologie-Kurses. Zunächst wird das Projekt „k-MED“ vorgestellt, im Rahmen dessen die Lerneinheit entstanden ist. In diesem Zusammenhang werden Autorenprozess und Qualitätsmanagement im Projekt erörtert. Der Aufbau und die Gestaltung der Lerneinheit werden im Anschluss differenziert beschrieben, ebenso wie der Einsatz der verschiedenen Aufgabentypen. Schließlich findet sich eine Beschreibung des Radiologie-Kurses der Universität Marburg sowie der Integration der Lerneinheit in diesen.

### ***2.1 Lerneinheit „Lungenszintigraphie“***

Der Begriff „Lungenszintigraphie“ subsumiert die nuklearmedizinischen Untersuchungen der Lunge, zu denen Perfusions-, Ventilations- und Inhalationsszintigraphie gehören. Als Thematik für eine webbasierte Lerneinheit eignet sich die Lungenszintigraphie insbesondere, da den Untersuchungen als valides und wirtschaftliches Diagnostikum der Lungenembolie im klinischen Alltag eine hohe Bedeutung zukommt und die zugrundeliegenden Prinzipien der Untersuchungen einen engen Zusammenhang mit den pathophysiologischen Gegebenheiten haben und somit, im klinisch-theoretischen Studienabschnitt unterrichtet, vorklinische mit klinisch-praktischen Aspekten verbindet. Schließlich eignen sich Themen aus radiologischen Fächern allgemein aufgrund des hohen Anteils an Bildmaterial, computerbasiert unterrichtet zu werden (Grunewald et al. 2003). Als Grundlage für die medizinischen Wissensinhalte der Lerneinheit „Lungenszintigraphie“ dienen das Lehrbuch „Leitfaden Nuklearmedizin“ (Elser 1999) und die Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Nuklearmedizin (1999).

### 2.1.1 Autorenprozess im Projekt k-MED

„Knowledge based multimedia medical education“ (k-MED) stellt ein Verbundprojekt der Universitäten Marburg, Gießen, Frankfurt, Erlangen, Münster, der technischen Universität und der Fachhochschule Darmstadt dar. Ziel ist es, ein webbasiertes Lernsystem zu entwickeln, welches es ermöglicht, problemorientiert zu lernen, systematisch in einem semantischen Netzwerk nach Lehrmaterial zu suchen, und dessen Lehrmaterialien in hohem Maße wieder verwendbar sein sollen. Das Projekt wird gefördert vom Hessischen Ministerium für Wissenschaft und Kunst (HMWK) sowie vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Förderprogramms „Neue Medien in der Bildung“ (NMB). Zur Schaffung hochwertiger Lehrmaterialien müssen Experten verschiedener Disziplinen zusammenarbeiten, um die einzelnen Aspekte des computerbasierten Lehrstoffs fachkundig abzudecken (Greenhalgh 2001). Im Projekt k-MED erfolgt dies durch Kooperation mehrerer deutscher Hochschulen und Fachdisziplinen:

- Medizinautoren stellen die Wissensbasis zur Verfügung, welche eine hohe Aktualität und klinische Relevanz haben sollte.
- Instruktionspsychologen optimieren das Lehrmaterial nach didaktischen Gesichtspunkten, da Lehre auch in multimedialer Form nur funktioniert, wenn sie auf den menschlichen Lernprozess abgestimmt ist (Schank 1998). Ferner sorgen sie für die Evaluation der Kurse.
- Grafik-Designer gestalten eine klare, übersichtliche und ansprechende Optik der Lehrmaterialien, die sich einheitlich im gesamten Kursmaterial wieder finden muss (Janicki & Liegle 2001).
- Informatiker sichern die technische Kompatibilität der Kurse zu den bestehenden Hard- und Softwarevoraussetzungen (Greenhalgh 2001) bei maximaler Funktionalität und Wiederverwendbarkeit der Materialien. Technische Aspekte sind entscheidend für den Erfolg der webbasierten Kurse (Wong et al. 2003). Außerdem unterstützen die Vertreter dieser Fachdisziplin den gesamten Autorenprozess.

Zur Erstellung von computerbasiertem Lehrmaterial sollten die Autoren fundierte Programmierkenntnisse haben, was jedoch bei Medizinern nur selten zutrifft

(Grunewald et al. 2003). Damit sie dennoch nicht die Vielzahl der vorhandenen Hürden technischer, instruktionaler und gestalterischer Art nehmen müssen, muss eine Autorenumgebung den Autorenprozess unterstützen (Murray 1996). Die k-MED-Autorenumgebung umfasst:

- Ein Autorenhandbuch, das in kompakter Form Ratschläge erteilt sowie verbindliche Vorgaben festlegt (Glowalla, Krömker & Steinmetz 2002)
- WYSIWYG-Programme, die Webseiten mit standard-konformen HTML-Code und Interaktionsmöglichkeiten generieren (Macromedia Dreamweaver, Macromedia Flash)
- HTML-Templates, um ein konsistentes Layout und eine optimale Lesbarkeit der Bildschirmseiten zu gewährleisten
- Itemeditor, mit Hilfe dessen Testaufgaben verschiedenster Aufgabentypen erstellt werden können
- Metadaten-Editor und Course-Wrapper, welche zur Wiederverwendbarkeit der erstellten Materialien beitragen

Um erfolgreiche computerbasierte Lehre durchzuführen, müssen alle Beteiligten geschult werden (Bourne 1998). Durch in- und externe Schulungen wird dies im Projekt k-MED umgesetzt.

Um einen webbasierten Kurs zu komplettieren, muss er revidiert und getestet worden sein (Brown et al. 2003). Zur Sicherung der angestrebten hohen Qualität hat ein k-MED-Kurs bis zur erstmaligen Evaluation mit Lernenden einen mehrphasigen Reviewprozess durchlaufen, in welchem medizinisch-inhaltliche, didaktisch-instruktionale und gestalterische Aspekte von den Fachexperten nach zuvor festgelegten Kriterien beurteilt und notwendige Verbesserungen aufgezeigt werden.

### **2.1.2 Aufbau und Gestaltung der Lerneinheit**

Die Lerneinheit „Lungenzintigraphie“ umfasst 57 Bildschirmseiten, 119 Abbildungen und 1 Animation. Die Vermittlung der Wissensinhalte geschieht in drei Kapiteln, die jeweils Perfusionsszintigraphie, Ventilations-/Inhalations-

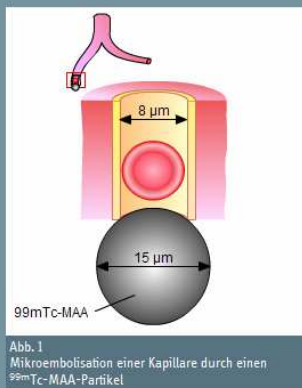
szintigraphie und deren Kombination beschreiben. Bezug zur Praxis wird im Anschluss anhand von Fallbeispielen hergestellt; vervollständigt wird durch Lerneinheit durch Einleitung, Zusammenfassung und ein Glossar. Je nach experimenteller Variation sind außerdem 12 Übungsaufgaben enthalten. Die Lerneinheit setzt die auf Bildschirmlesbarkeit optimierte Schrift „InfoWeb“ ein und weist insgesamt einen hohen Bildanteil auf.

In der **Einleitung** wird dem Lernenden auf einer Bildschirmseite die Wichtigkeit des Stoffes erläutert und ein Überblick über die Aufteilung und den Ablauf der Lerneinheit gegeben. Der Lernende wird in die Lage versetzt, sich die angestrebten Lernziele vor Augen zu führen, was ihm erfolgreiches webbasiertes Lernen ermöglicht (Schank 1998, Chyung et al. 1998).

Die Wissensvermittlung beginnt mit dem Kapitel „**Perfusionsszintigraphie**“. Auf der Startseite wird die Untersuchung zunächst genau definiert und die klinischen Indikationen werden vorgestellt. Da es sich im gesamten Kurs bei den verwendeten szintigraphischen Darstellungen um Original-Aufnahmen handelt, wird die nuklearmedizinische Bildgebung gleich zu Beginn erläutert.

Das Unterkapitel „Prinzip“ vermittelt dem Lernenden den theoretischen Hintergrund der Untersuchung mit einem Schwerpunkt auf pathophysiologischen Zusammenhängen. Jede Bildschirmseite dieses Unterkapitels gliedert sich in Textabschnitte, in deren erstem Abschnitt die Kernaussage der Seite steht. Erst im zweiten Textabschnitt wird diese näher ausgeführt und weiteres, detailliertes Wissen vermittelt. Um dem Lernenden durch gleichzeitige verbale und bildliche Erläuterung der Kernaussage einen Gedächtnisvorteil zu verschaffen (Paivio 1986), wird diese auf jeder Bildschirmseite in Form einer schematischen Abbildung dargestellt. Abbildung 1 zeigt die zweite Seite des Unterkapitels „Prinzip“. Die Kernaussage ist hier, dass das injizierte Radionuklid für die Anfertigung der Aufnahmen einige Zeit in den Lungenkapillaren verweilen muss. In der Erklärung erfährt der Lernende, dass das Radiopharmakon deshalb aus Partikeln besteht, die aufgrund ihrer Größe in den Gefäßen hängen bleiben - es zu einer Mikroembolisation

## Perfusionsszintigraphie



### Prinzip

Damit genügend Zeit bleibt, Aufnahmen in verschiedenen Projektionen zu tätigen, muß das Radionuklid einige Zeit in den Lungenkapillaren verweilen: Es darf weder diffundieren noch hämatogen abtransportiert werden.

### Erklärung (Wie/Warum?)

Der Durchmesser der injizierten Partikel liegt mit 15-40 µm über dem einer Kapillare (8 µm), d.h. die Partikel bleiben aufgrund ihrer Größe in den Kapillaren hängen. Dies nennt man **Mikroembolisation**.

Die **Mikroembolisation** ist hämodynamisch unwirksam. Dies bedeutet, daß durch das Radiopharmakon so wenige Kapillaren verschlossen werden, daß es zu keinem Druckanstieg im kleinen Kreislauf kommt.

### Erklärung (Wie/Warum?)

Es wird nur jede 10.000 Kapillare blockiert.

Abbildung 1: Prinzip der Mikroembolisation einer Lungenkapillare

kommt. Die Abbildung zeigt hierzu die Größenverhältnisse einer Lungenkapillare und eines der Partikel. Zum Größenvergleich ist außerdem ein Erythrozyt zu sehen. Da zum Zeitpunkt der Kurserstellung nur etwa die Hälfte der Studierenden über einen privaten Breitband-Internetanschluß verfügte (Kleimann et al. 2005), sind alle Bilddateien zugeschnitten und in Formaten gespeichert, die Kompressionsalgorithmen zulassen (Scalzetti 1997). Dies ermöglicht auch über eine Schmalbandverbindung, wie den verbreiteten Internetzugängen über Modem oder ISDN, einen zügigen Aufbau der Bildschirmseite. In der Lerneinheit „Lungenszintigraphie“ kommen solche Elemente nur sehr wohl dosiert zum Einsatz. Hierzu zählt eine Animation, die den Aufnahmeprozess der zuvor applizierten Radioaktivität mit der Gamma-Kamera bei der Perfusionsszintigraphie erklärt. Die Animation zeigt den Weg der Kamera um den strahlenden Patienten herum. Hat sie eine der Aufnahmepositionen erreicht, erscheint die zugehörige Aufnahme dieser Projektion auf dem Bildschirm. Der Dynamik des Aufnahmevorgangs wird hier Rechnung getragen, außerdem wird die Reihenfolge der abgebildeten Projektionen besser verständlich. Über zwei einfache Steuerfelder kann der Lernende Einfluss auf den Ablauf der Animation nehmen (Abbildung 2).

Die Umsetzung der besprochenen Prinzipien in der klinischen Praxis ist Gegenstand des Unterkapitels „Durchführung“. Die strikte Trennung von Kernaussage

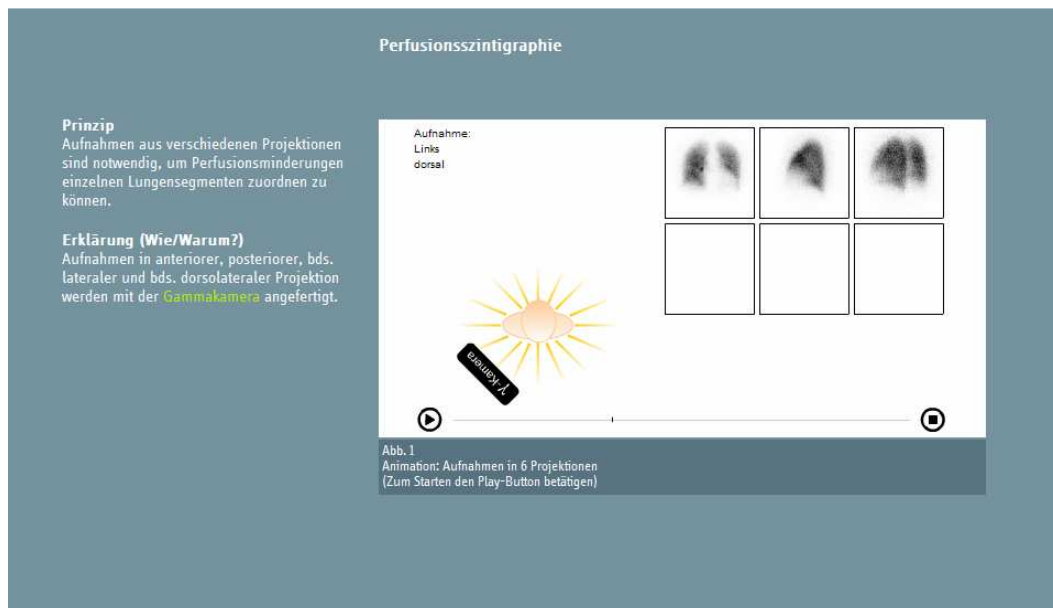


Abbildung 2: Animierte Darstellung des Weges der Gamma-Kamera um den Patienten

und weiteren Erklärungen/Detailwissen anhand von Textbausteinen ist auch hier wiederzufinden. Das Bildmaterial dient in diesem Unterkapitel als visueller Leitfaden, um den Fortgang der einzelnen Schritte bei der praktischen Durchführung im Auge zu behalten.

Das Unterkapitel „Auswertung“ zeigt einen normalen und einen pathologischen Befund der Lunge anhand von Original-Aufnahmen einer Perfusionsszintigraphie. Dabei verhindert die Größe der Bildschirmseite einen direkten Vergleich beider Befunde, da jeweils 6 Projektionen (ausreichend groß) abgebildet sind und begleitender Text die normalen bzw. pathologischen Charakteristika beschreibt. Dieser Direkt-Vergleich kann dennoch über einen Hyperlink erreicht werden (Abbildung 3).

Die Beschreibung der **Ventilationsszintigraphie** erfolgt analog zur Perfusionsszintigraphie. Es werden identische Unterkapitel eingeteilt und ähnliche Strategien der Darstellung angewandt. Die mit einigen praktischen Vorteilen behaftete Alternative der Inhalationsszintigraphie wird zum Schluss mit ihren Einsatzmöglichkeiten, Vor- und Nachteilen angesprochen.

Das letzte Kapitel der Wissensvermittlung erläutert die **Kombination** der zuvor beschriebenen Untersuchungen. Erklärt wird ihre Bedeutung bei der Diagnostik der Lungenembolie. Die szintigraphischen Aufnahmen sind mit einem optischen Vermerk versehen, der die im Text beschriebene Auffälligkeit unübersehbar zeigt.

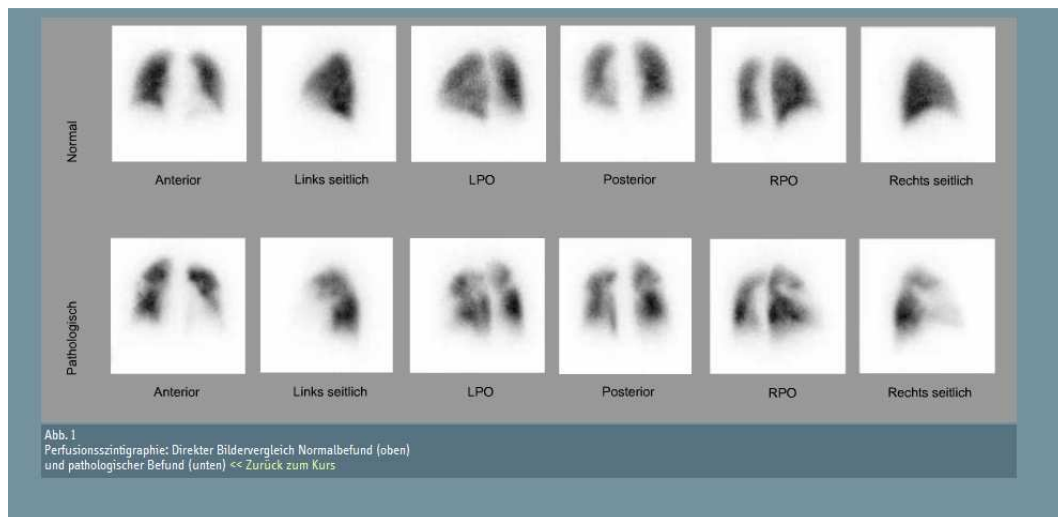


Abbildung 3: Direkter Vergleich von Normalbefund (obere Reihe) und pathologischem Befund (untere Reihe)

Bei der Befundung weniger relevantes Expertenwissen (Einteilung der Wahrscheinlichkeit des Vorliegens einer Lungenembolie in drei Grade) ist als solches gekennzeichnet und mittels eines Hyperlinks aus dem eigentlichen Kursablauf ausgegliedert.

Nachdem der Lernende sich mit den einzelnen Untersuchungen vertraut gemacht hat, bietet die Lerneinheit 6 **Fallbeispiele**, die realen Fällen entnommen sind. Erreichbar sind die Fallbeispiele über eine Übersicht gebende Startseite, die es dem Lernenden ermöglicht, gewünschte Fälle selbst auszuwählen. Jede Darbietung der Fälle geschieht auf drei Bildschirmseiten. Die erste schildert in Textform die klinische Symptomatik und enthält relevante Hinweise zu den in der Folge zu sehenden Aufnahmen. Seite 2 zeigt die perfusions- und inhalationsszintigraphischen Aufnahmen in Form des bekannten Direktvergleichs durch horizontale Anordnung der einzelnen Projektionen beider Verfahren. Bis zu diesem Zeitpunkt sind dem Lernenden keinerlei Hilfen zu den Aufnahmen gegeben. Laut Schank (1998) ist Verwirrung gefolgt von einer Erklärung der Schlüssel zum Lernen. Diese Erklärung umfasst eine Beschreibung sichtbarer Pathologika und die entsprechenden Aufnahmen, auf denen die relevanten Lungenabschnitte mit einer Markierung durch einen Rollover-Effekt hervorgehoben werden können (Abbildung 4).

Die letzte Bildschirmseite der Lerneinheit enthält eine **Zusammenfassung**, die die vorgestellten Verfahren, ihre Indikationen, Funktionsprinzipien und diagnosti-



sche Aussagekraft wiederholt. Die in der Einleitung definierten Lernziele werden damit aufgegriffen.

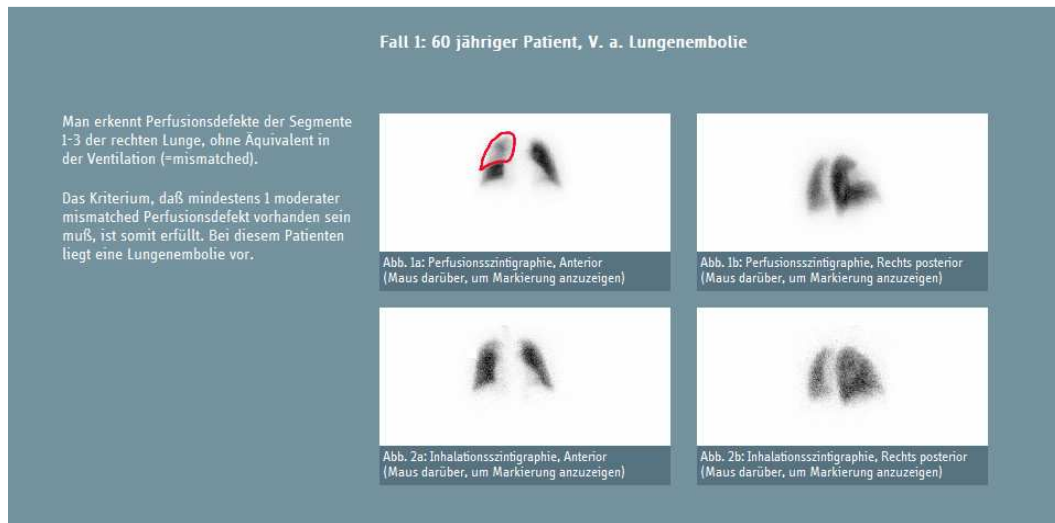


Abbildung 4: Erklärung zum Fallbeispiel, auffällige Lungenabschnitte mit roter Markierung (wird beim Rollover mit der Maus aktiv)

Lernende sollten das nötige Vorwissen für den Kurs haben, da die Verbindung von neuem mit Vorwissen effektives Lernen ermöglicht (Hannafin & Peck 1988). Abseits des regulären und überwiegend linearen Kursablaufs enthält die Lerneinheit daher ein **Glossar**, das verwendete Begriffe, die den Lernenden im klinisch-theoretischen Studienabschnitt u.U. noch unbekannt sind, kurz erklärt.

### 2.1.3 Test- und Übungsaufgaben

Sämtliche im Kurs eingesetzte Aufgaben sind mit Hilfe des k-MED-Itemeditors erstellt worden. Dieser bietet die Möglichkeit, verschiedene Aufgabentypen zu verwenden, Bilder zu integrieren, Rückmeldung verschiedener Art zu den gegebenen Antworten zu geben und Hyperlinks zu zugehörigen Kursseiten zu setzen. Außerdem übernimmt er nahtlos das projektweite Layout und bietet zum sicheren Einsatz bei der Wissensdiagnostik einige Vorgriffe gegen Täuschungsversuche. Hierunter fällt z.B. die Möglichkeit, über den Aufruf des HTML-Quelltextes der Bildschirmseite Namen der verwendeten Abbildungen und anderer Objekte auszu-lesen, um dadurch Rückschlüsse auf die richtige Antwort ziehen zu können. Der

Itemeditor unterdrückt in den erstellten Aufgaben die Möglichkeit, den Quelltext einzusehen. Als Aufgabentypen werden Lang- und Kurztext-Aufgaben sowie die den Medizinstudenten bestens vertrauten Forced-Choice-Aufgaben verwendet. Dabei wird unterschieden zwischen:

- Testaufgaben: Dienen zur Erfassung von Wissens(-zuwachs). Müssen von den Lernenden im Kursablauf beantwortet werden. Eine Rückmeldung zur gegebenen Antwort erfolgt nicht.
- Übungsaufgaben: Zur Steigerung des Lernerfolgs. Je nach Variation werden sie an unterschiedlichen Stellen im Kurs eingesetzt, Beantwortung kann übersprungen werden. Es wird eine Rückmeldung erteilt, die über Richtigkeit aufklärt, bzw. tatsächlich zutreffende Antwort nennt und weitere Erläuterungen hierzu gibt.

Vor der Darbietung der Lerneinheit „Lungenszintigraphie“ ist ein Vortest vorgeschaltet worden, der das Vorwissen der Lernenden erfasst. Er besteht aus 6 Testaufgaben, die inhaltlich auf das Krankheitsbild der Lungenembolie, die nuklearmedizinische Bildgebung, den Einsatz von Radiopharmaka und speziell auf die Perfusionsszintigraphie abzielen. Analog dazu erfolgt unmittelbar im Anschluss an die Lerneinheit ein Nachtest bestehend aus 12 Aufgaben. Getestet werden darin jeweils mit 4 Aufgaben Inhalte aus den drei Kapiteln der Wissensvermittlung, Perfusions-, Ventilationsszintigraphie und Kombination beider. Weder bei Vortest noch bei Nachtest erhalten die Lernenden eine Rückmeldung zur erteilten Antwort.

Im Unterschied dazu kommen die optionalen Übungsaufgaben zum Einsatz, um den Lernerfolg zu fördern und außerdem die Frage nach dem günstigsten Einsatzzeitpunkt zu beantworten. Die Kursteilnehmer werden dabei drei Bedingungen zugeordnet:

- Gruppe A: 12 Übungsaufgaben, alle am Ende der Lerneinheit unmittelbar vor dem Nachtest
- Gruppe B: 12 Übungsaufgaben, je 4 nach jedem der drei Kapitel der Wissensvermittlung
- Gruppe C: Keine Übungsaufgaben

Die Gruppenzuteilung orientierte sich an den 10 Subgruppen, in die die knapp 100 Teilnehmer aus praktischen Gründen bereits von den Verantwortlichen des Radiologie-Kurses unterteilt worden waren. Eine Subgruppe wurde nicht zur Datenerhebung herangezogen, von den übrigen 9 waren jeweils 3 einer der Bedingungen A, B oder C zugeteilt. Die Kursteilnehmer waren nicht in Kenntnis über diese Zuordnung.

Bei allen Übungsaufgaben besteht die Möglichkeit, diese unbeantwortet zu überspringen. Wird eine Antwort gegeben, erhält der Lernende eine Rückmeldung, ob seine Antwort zutrifft (KOR); falls dies nicht der Fall ist, welche richtig gewesen wäre (KCR) und darüber hinaus einen Hyperlink zur zugehörigen Seite der Lerneinheit, auf der diese korrekte Antwort näher erklärt wird (elaboriertes Feedback, Abbildung 5).

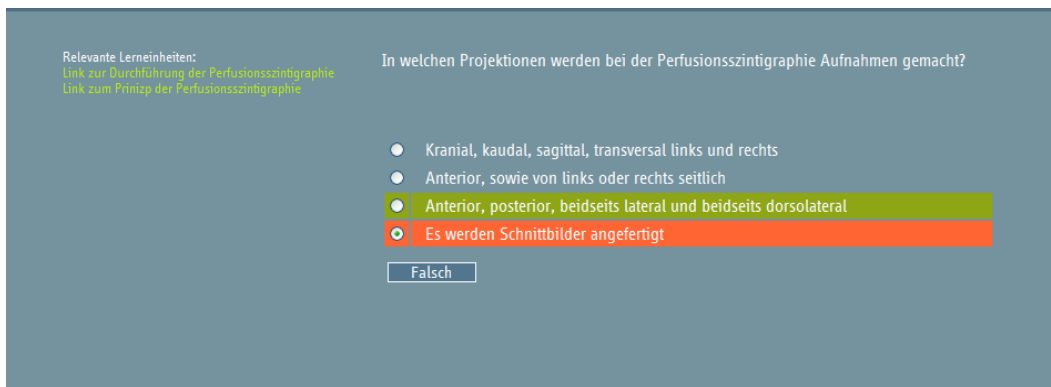


Abbildung 5: Falsch beantwortete Übungsaufgabe mit Hinweis auf die richtige Antwort und Hyperlink zur näheren Erläuterung (oben links)

## ***2.2 Versuchsdurchführung***

Im diesem Unterkapitel wird die Durchführung der Studie erläutert, darunter die Organisation des Radiologie-Kurses an der Universität Marburg, die Integration der Lerneinheit in selbigen und das verwendete Learning Management System sowie der Beurteilungsfragebogen.

### **2.2.1 Organisation des Radiologie-Kurses an der Universität Marburg**

Der laut alter ÄAO im 1. klinischen Semester für jeden Medizinstudenten verpflichtend stattfindende Kurs der Radiologie ist an der Universität Marburg in zwei Abschnitte unterteilt:

1. Theoretische Ausbildung, Dauer 4 Wochen, als Vorlesung dargeboten, um notwendiges, z.T. bereits bestehendes Grundwissen zur Strahlenphysik und – biologie auszubauen. Abschluss mit einer schriftlichen Klausur mit Forced-Choice-Aufgaben.
2. Klinisch-praktische Ausbildung, Dauer 10 Wochen, Abschluss ebenfalls mit schriftlicher Klausur am Semesterende. Dieser zweite Ausbildungsabschnitt ist wiederum gegliedert in die Fächer:
  - a. Strahlendiagnostik
  - b. Strahlentherapie
  - c. Nuklearmedizin
  - d. Strahlenschutz

Die knapp 100 Kursteilnehmer absolvierten den theoretischen Teil gemeinsam im Hörsaal. Für den zweiten Kursteil waren kleinere Teilnehmergruppen notwendig, so dass 10 Subgruppen von maximal 10 Teilnehmern gebildet wurden. Jede Subgruppe durchlief nach einem vorgegebenen Plan jeweils drei Unterrichtstermine in den angegebenen Fächern.

### **2.2.2 Learning Management System**

Zur Darbietung der Lerneinheit „Lungenzintigraphie“ kam des Learning Management System „NetLearn“ der Lerndesign GmbH in einer speziell für k-MED modifizierten Version zum Einsatz. Von den zahlreichen Funktionen, die diese Plattform zur Anwendung von webbasierten Kursen bietet, waren für die Durchführung des Kurses insbesondere folgende relevant:

- Bereitstellung eines Kursplayers, der die einzelnen Seiten der Lerneinheit im Web-Browser anzeigt und mit einer Navigationsleiste versah (Abbildung 6), die den Lernenden in die Lage versetzte, Weg und Fortschritt

durch den Kurs selbst zu bestimmen. Laut Corno & Mandinach (1983) ist dies ein Faktor, der den Lernenden motiviert

- Usertracking, welches das Navigations- und Betrachtungsverhalten des Lernenden aufzeichnet, ohne dass dieser hiervon etwas realisieren kann
- Aufzeichnung der gegebenen Antworten der Test- bzw. Übungsaufgaben

Die Softwarevoraussetzungen für „NetLearn“ waren im eingesetzten Fall Internet Explorer 5.5 oder Mozilla/Netscape. Die Browser mussten die Ausführung von Javascript zulassen und über ein aktiviertes Flash-Plugin verfügen. Die Bildschirmauflösung sollte 1024x768 Bildpunkte betragen. Durch die Forderung ausschließlich frei zugänglicher Software und einer gebräuchlichen Auflösung war eine problemlose Darstellung des Kurses auf allen eingesetzten Rechnern möglich.

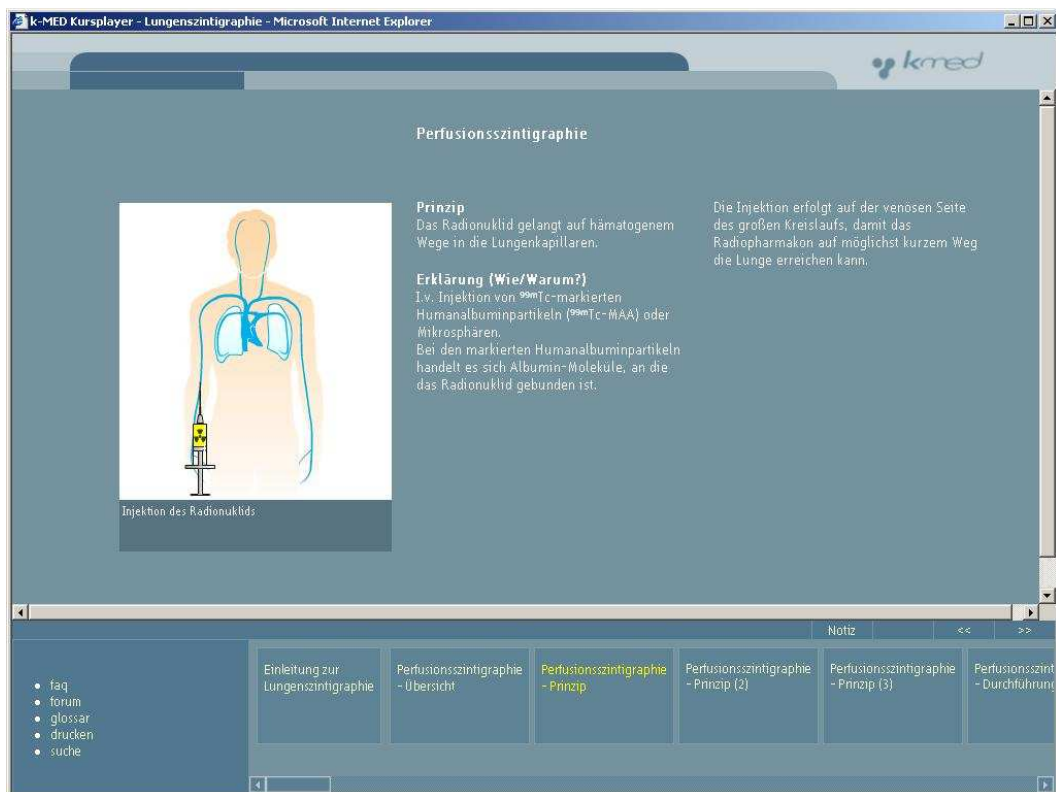


Abbildung 6: Seite der Lerneinheit „Lungenszintigraphie“ im Kursplayer des LMS, Navigationsleiste am unteren Bildschirmrand

### 2.2.3 Curriculare Integration des Kurses „Lungenszintigraphie“

An einem der drei Unterrichtstermine in der Nuklearmedizin waren die Kursteilnehmer aufgefordert, die Lerneinheit „Lungenszintigraphie“ zu bearbeiten. Computerbasiertes Lernen setzt grundsätzlich den Gebrauch von Computern voraus. Für eine Versuchsdurchführung wie diese müssen ausreichend viele Computer in einem Raum gleichzeitig zur Verfügung stehen. Es konnte jeweils ein Seminarraum des Kliniksrechenzentrums der Universität Marburg genutzt werden. In diesem standen 12 Personal Computer zur Verfügung, deren Hard- und Software nahezu identisch waren, und die durch ihre Rechenleistung auf Niveau des Pentium 3-Prozessors, die Verwendung von Microsoft Windows 2000 und Microsoft Internet Explorer und 17“-Farbmonitoren sowie der Breitband-Internetverbindung den webbasierten Kurs problemlos darstellen konnten. Durch die Größe der Subgruppen von maximal 10 Teilnehmern standen genügend PC-Arbeitsplätze zur Verfügung. Ein 13. PC nebst Projektor und Leinwand dienten dem Dozenten zur Präsentation einer einleitenden Erläuterung.

Es fanden 10 Unterrichtstermine für die einzelnen Gruppen mit insgesamt 87 Teilnehmern statt. Pro Termin standen 90 Minuten zur Verfügung, die wie folgt abliefen (vgl. Abbildung 7):

- Einleitung durch einen Dozenten, der den Teilnehmern den Kursablauf erläuterte
- Ausgabe von Login-Informationen zum Anmelden am LMS. Diese ermöglichten eine eindeutige Identifizierung der Nutzer, eine Vermeidung von Missbrauch des Zugangs und eine Zuordnung der erhobenen Daten zu den Leistungen in der Klausur am Semesterende.
- Vortest
- Lerneinheit „Lungenszintigraphie“, die von den Teilnehmern selbstständig bearbeitet wurde, Hilfestellung durch den Dozenten stand bei technischen Schwierigkeiten zur Verfügung. Dabei gemäß Bedingung Übungsaufgaben, je 3 Subgruppen pro Bedingung.
- Nachtest

- Bearbeitung des Beurteilungsfragebogens (s. 2.2.4)

<b>Zeit</b>	5 min.	5 min.	60 min.	12 min.	8 min.
<b>Dozent</b>	Einleitung				
<b>Teilnehmer</b>		Vortest	Bearbeitung der Lerneinheit A: Übungsaufgaben am Ende B: Übungsaufgaben nach Kapiteln C: keine Übungsaufgaben	Nachtest	Beurteilung
<b>LMS</b>		User-Tracking: Antworten, Navigationsverhalten Kursdarstellung			

Abbildung 7: Ablauf einer Versuchseinheit

## 2.2.4 Beurteilungsfragebogen

Am Schluss des Unterrichtstermins waren die Kursteilnehmer aufgefordert, einen Beurteilungsfragebogen auszufüllen. Dieser wurde ebenfalls webbasiert dargeboten und war über einen Hyperlink aufzurufen, der auf der gleichen Startseite wie die eigentliche Lerneinheit befand. Der Fragebogen forderte die Teilnehmer auf, folgende Aspekte zu beurteilen (vgl. Abbildung 8):

- Globale Beurteilung der Lerneinheit
- Lehrstoffdarstellung: Verständlichkeit der Lehrtexte, anschauliche Bebilderung, ausreichende Erklärung der Abbildungen, Sinnhaftigkeit der thematischen Abfolge, Einfachheit der Navigation, Angemessenheit der Stoffmenge (pro Bildschirmseite), Größe der Schrift
- Subjektive Lernerfahrung: Lernzuwachs, Verständnis neuer Inhalte, Spaß beim Bearbeiten, Konzentrationsfähigkeit
- Zielsetzungen und Lernorte, unter denen sich die Kursteilnehmer vorstellen könnten, häufiger auf diese Weise zu lernen
- Offene Fragen: Drei besonders gute Eigenschaften der Lerneinheit, drei verbesserungsbedürftige Eigenschaften, Schwierigkeiten beim Bearbeiten

JIM-Panel WebEvaluater - Microsoft Internet Explorer

**Beurteilung der Lerneinheit Lungenszintigraphie**

**Fragen zur Lehrstoffdarstellung**  
Bitte beurteilen Sie die Lehrstoffdarstellung anhand der folgenden Aussagen:

	trifft voll zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft gar nicht zu	weiß ich nicht
Die Lehrtexte waren verständlich formuliert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Lehrtexte waren anschaulich bebildert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die grafischen Darstellungen wurden ausreichend erklärt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die thematische Abfolge der Inhalte war sinnvoll.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Navigation innerhalb der Lerneinheit war einfach.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Haben Sie Vorschläge, wie man die Lehrstoffdarstellung verbessern könnte?

**➤ Weiter**

JIM-PANEL Preview

Abbildung 8: Webbasierter Beurteilungsfragebogen



### 3. Ergebnisse

Dieses Kapitel beschreibt die Ergebnisse der Studie, zunächst die gemessenen Zeiten, die die Kursteilnehmer zum Bearbeiten der Lerneinheit benötigten. Im Anschluss wird das ebenfalls mittels des User-Trackings aufgezeichnete Navigationsverhalten erläutert. Es folgen die von den Kursteilnehmern vorgenommene Beurteilung und der erzielte Lernerfolg. Zuletzt werden die Auswirkungen der Kursvariation durch Übungsaufgaben dargestellt.

#### 3.1 Lern-/Bearbeitungszeit

Die Gesamtzeit, die die Kursteilnehmer zum Bearbeiten der Lerneinheit benötigten lag im Durchschnitt bei 49 Minuten ( $\pm 12$  Minuten). Eine Inhaltsseite wurde durchschnittlich 36 Sekunden betrachtet, die Betrachtungszeiten lagen zwischen 6 und 72 Sekunden. Dabei war ein deutlicher Unterschied zwischen reinen Textseiten (60 Sekunden) und solchen mit Bildinhalten (20 Sekunden) festzustellen. Zum Beantworten einer Testaufgabe wurden im Durchschnitt 45 Sekunden benötigt, bei Übungsaufgaben, sofern vorhanden, hingegen nur 35 Sekunden (vgl. Abbildung 9).

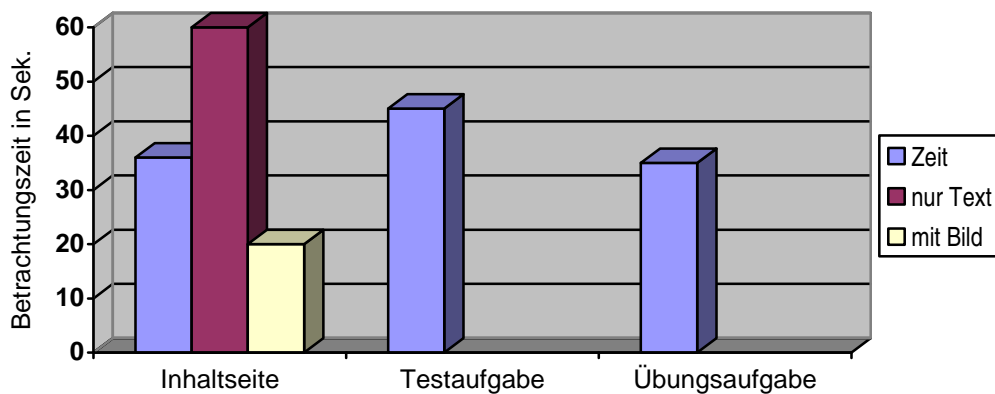


Abbildung 9: Durchschnittliche Betrachtungszeiten von Inhaltsseiten, Test- und Übungsaufgaben

### ***3.2 Navigationsverhalten***

Der Kursplayer des LMS ermöglichte es den Kursteilnehmern, die Navigation innerhalb der Lerneinheit selbst zu bestimmen. Der Kursablauf war jedoch auf eine lineare Navigation ausgelegt. Zu den Ausnahmen hiervon gehörten das Glossar und die Erklärungen zu den Übungsaufgaben – beides über Hyperlinks zu erreichen.

Das **Glossar** umfasste 12 Begriffe, die Zahl der Aufrufe pro Kursteilnehmer erstreckte sich auf den gesamten möglichen Bereich von 0 – 12 Aufrufen. Wo manche Kursteilnehmer jeden erklärten Begriff aufrufen, bearbeiteten andere die Lerneinheit, ohne das Glossar überhaupt zu nutzen. Durchschnittlich wurde es 2,6-mal pro Teilnehmer aufgerufen. 75% der Teilnehmer machten wenigstens einmal Gebrauch vom Glossar.

In den beiden Varianten der Lerneinheit, die Übungsaufgaben enthielten, standen in den 12 Übungsaufgaben 15 **Links** zur Verfügung, mittels derer die Kursteilnehmer den für die Lösung der Aufgabe relevanten Teil der Wissensvermittlung unmittelbar aufrufen konnten. Diese Kursvarianten wurden von 54 Teilnehmern bearbeitet. Dabei wurden die Links der Übungsaufgaben insgesamt 20-mal genutzt. 22% der Teilnehmer taten dies wenigstens einmal.

Die Kursteilnehmer beurteilten die Navigation innerhalb der Lerneinheit insgesamt sehr positiv (s. 3.3).

### ***3.3 Beurteilung durch die Kursteilnehmer***

Im Beurteilungsfragebogen wurden die Kursteilnehmer zunächst um eine **globale Beurteilung** der Lerneinheit gebeten. Hierzu stand eine vierstufige Skala zur Verfügung, die die Einstufungen „sehr gut“, „eher gut“, „weniger gut“ und „gar nicht gut“ zuließ. 98% der Kursteilnehmer wählten eine der beiden positiven Antwortoptionen, darunter 27% als „sehr gut“ und 71% als „eher gut“. 2% der Teilnehmer gefiel die Lerneinheit nicht (1% „weniger gut“, 1% „gar nicht gut“; vgl. Abbildung 10).

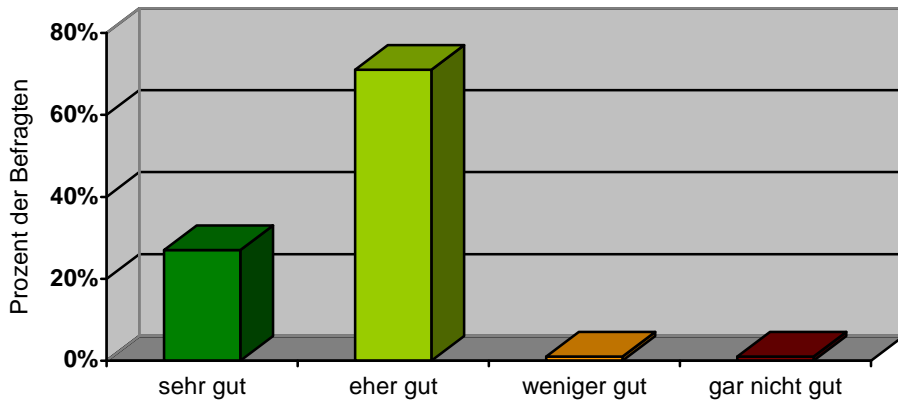


Abbildung 10: Globale Beurteilung der Lerneinheit

Im Anschluss wurde nach mehreren Aspekten der **Lehrstoffdarstellung** gefragt. Zur Beurteilung der Verständlichkeit der Lehrtexte, der Anschaulichkeit der Bebilderung, der Suffizienz der Erklärungen der Abbildungen, der Sinnhaftigkeit der thematischen Abfolge und der Einfachheit der Navigation konnte eine der 4 vorgegebenen Antworten „trifft voll zu“, „trifft eher zu“, „trifft eher nicht zu“ und „trifft gar nicht zu“ angegeben werden. Die Lehrtexte wurden von 99% als verständlich angesehen, 67% sahen dies als „voll zutreffend“ an, 32% als „eher zutreffend“ und 1% als „eher nicht zutreffend“ an. Ähnliche positive Rückmeldungen erbrachten die Fragen nach der Bebilderung und der Sinnhaftigkeit der thematischen Abfolge. Ersteres sahen 96% als „anschaulich“ an (58% „voll zutreffend“, 38% „eher zutreffend“), 4% als „eher nicht zutreffend“. Die Abfolge der Themen wurde von 98% positiv beurteilt (60% „voll zutreffend“, 38% „eher zutreffend“). 2% beurteilten die thematische Abfolge als „eher nicht sinnvoll“. Bei der Frage nach der Einfachheit der Navigation innerhalb der Lerneinheit ergab sich ein ähnlich positives Bild (61% „voll zutreffend“, 31% „eher zutreffend“, 6% „eher nicht zutreffend“ und 2% „gar nicht zutreffend“). Auch bei der Beurteilung der Suffizienz der Erklärungen der Abbildungen überwogen die positiven Einstufungen (43% „voll zutreffend“, 44% „eher zutreffend“). Dennoch kam es bei diesem Aspekt der Lehrstoffdarstellung zu den meisten negativen Rückmeldungen (10% „eher nicht zutreffend“, 4% „gar nicht zutreffend“; vgl. Abbildung 11).

Bei den Fragen nach der Angemessenheit der **Stoffmenge** kam eine fünfstufige Skala zum Einsatz, die die Antwortoptionen „zu viel“, „eher zu viel“, „genau richtig“, „eher zu wenig“ und „zu wenig“ vorgab. Dabei wurde in zwei Fragen

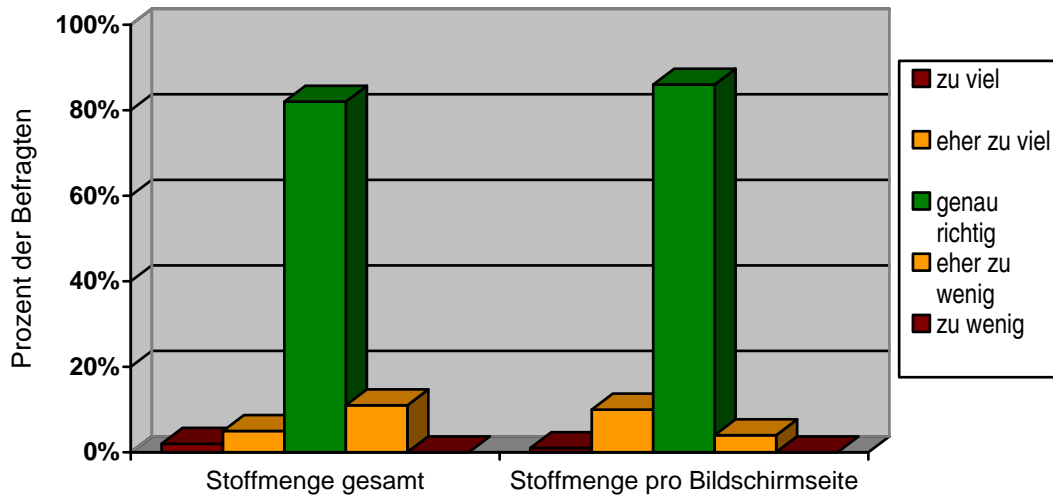


Abbildung 11: Beurteilung der Stoffmenge

differenziert zwischen der gesamten Stoffmenge der Lerneinheit und der Stoffmenge pro Bildschirmseite. 82% der Kursteilnehmer sahen die dargebotene Stoffmenge als „genau richtig“ an. Bei den übrigen Antworten kamen 7% zu der Einschätzung, die Stoffmenge sei zu hoch gewesen (2% „zu viel“, 5% „eher zu viel“). 11% hingegen stuften sie als „eher zu wenig“ ein (vgl. Abbildung 12).

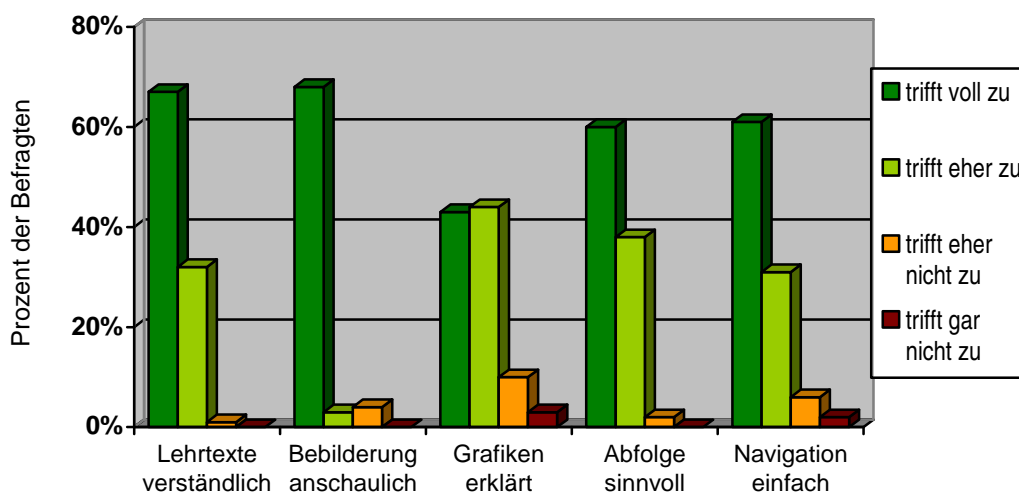


Abbildung 12: Beurteilung verschiedener Aspekte der Lehrstoffdarstellung

Schließlich wurde nach der **Größe der Schrift** gefragt, welche mit „zu klein“, „genau richtig“ und „zu groß“ bewertet werden konnte. Mit 71% fand wurde sie von den meisten der Befragten als „genau richtig“ angesehen. 27% war sie jedoch „zu klein“, 1% „zu groß“ (vgl. Abbildung 13).

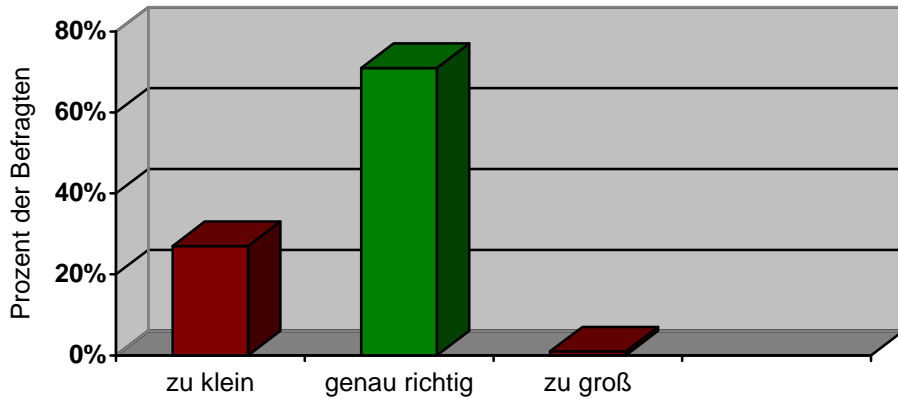


Abbildung 13: Beurteilung der Schriftgröße

Ihre Leistung in den Testaufgaben sollten die Kursteilnehmer als Prozentwert richtiger Lösungen subjektiv einschätzen (s. 3.4). Der Beurteilungsfragebogen enthielt zudem 4 Fragen, bei denen die Kursteilnehmer ihre **Lernerfahrung/ihr Lernerlebnis** durch die Lerneinheit subjektiv einschätzen konnten. Hierzu stand die gleiche vierstufige Skala zur Verfügung, die bei der Beurteilung der Lehrstoffdarstellung zum Einsatz kam. 87% der Befragten äußerten, dass sie viel gelernt hätten (20% „voll zutreffend“, 67% „eher zutreffend“). 13% gaben an, dass dies „eher nicht“ der Fall gewesen sei. 88% hatten Spaß bei der Bearbeitung der Lerneinheit (42% „voll zutreffend“, 46% „eher zutreffend“). Für 12% hatte die Lerneinheit keinen Spaßfaktor (8% „eher nicht“, 4% „gar nicht“). 83% gaben an, neue Inhalte verstanden zu haben (32% „voll zutreffend“, 60% „eher zutreffend“). 8% konnten dem „eher nicht“ zustimmen. Schwierigkeiten schien bei dieser Lernerfahrung die eigene Konzentration zu bereiten, die zwar noch von 69% als gut (30% „voll zutreffend“, 39% „eher zutreffend“), aber von 31% als nicht gut beschrieben wurde, darunter traf für 6% eine „gute Konzentration“ „gar nicht zu“ (vgl. Abbildung 14).

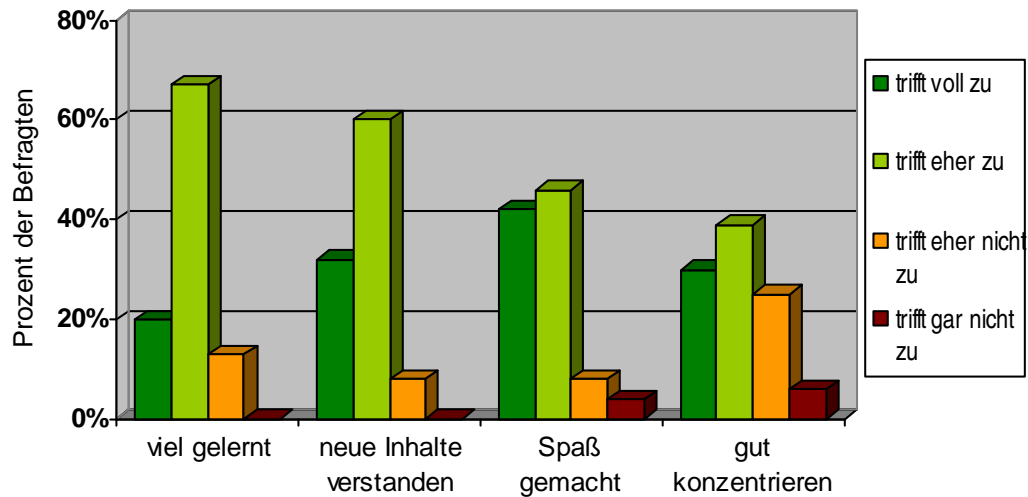


Abbildung 14: Subjektive Lernerfahrung

Um zu erfahren, ob die Kursteilnehmer sich vorstellen könnten, **erneut auf die dargebotene Weise zu lernen**, wurde nach **Zielsetzung und Ort** gefragt, unter denen dies geschehen könnte. Vorgegebene Antworten waren „Klausur- und Prüfungsvorbereitung“, „Veranstaltungsbegleitung“, „universitäre Lehrveranstaltungen“ und „vorlesungsunabhängiges Selbststudium“ als Zielsetzungen. Als Lernorte waren „universitäre öffentliche PC-Räume“, „Verwandte/Freunde“ und „zu Hause“ vorgegeben. Mehrfachnennungen waren bei beiden Fragen möglich.

Bei den Zielsetzungen ergab sich ein eher ausgeglichenes Bild, alle genannten wurden von den Teilnehmern in Betracht gezogen. Mit 68% wurde „Klausur- und Prüfungsvorbereitung“ am häufigsten genannt, gefolgt von 60% „Veranstaltungsbegleitung“, 52% „Lehrveranstaltungen“ und 45%, die sich für das „Selbststudium“ als Zielsetzung aussprachen. Deutliche Unterschiede hingegen bei der Frage nach dem Lernort, welchen 88% am liebsten in den eigenen 4 Wänden hätten. Mit 31% ist jedoch fast ein Drittel auch bereit, in universitären öffentlichen PC-Räumen in dieser Form zu lernen, 5% nannten Verwandte/Freunde als möglichen Lernort (vgl. Abbildung 15).

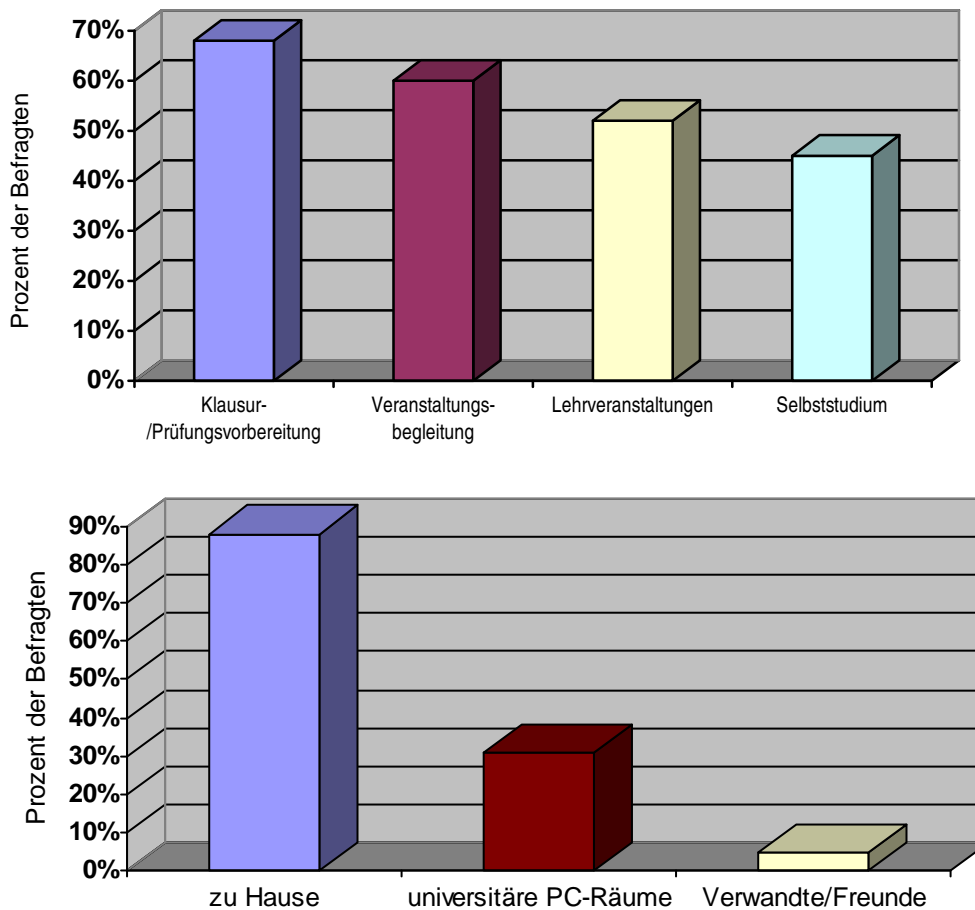


Abbildung 15: Zielsetzungen, unter, und Lernorte, an denen die Kursteilnehmer häufiger in der dargebotenen Form lernen würden

Am Ende des Beurteilungsfragebogens standen drei **offene Fragen**, die nach besonders gelungenen, nach verbesserungsbedürftigen Aspekten und nach Schwierigkeiten beim Bearbeiten der Lerneinheit fragten. Als **besonders positiv** nannten die Kursteilnehmer die reichhaltige Bebilderung, die knappen und verständlichen Erklärungen, die übersichtliche Gliederung, die Fallbeispiele, die gelungene Navigation und das Glossar. Einige der Befragten lobten ausdrücklich die Möglichkeit der Selbstkontrolle durch die Übungsaufgaben und die Rückmeldungen, die sie hierbei erhielten. Vereinzelt wurde der Aspekt gelobt, dass es bei dieser Form der Darbietung möglich sei, am PC zu lernen, und dass es sich um etwas (positiv) Neuartiges / eine neuartige Lernform handele.

An **Verbesserungen** wünschten sich die Befragten insbesondere Rückmeldungen zu den Testaufgaben, eine größere Schrift, ausführlichere Erklärungen, größere Abbildungen und mehr Erklärungen zu diesen. Der Umfang der Lerneinheit wur-

de von einigen als grenzwertig hoch beschrieben, da ihnen das Lernen am Bildschirm nicht leicht gefallen sei.

Nach **Schwierigkeiten** beim Bearbeiten gefragt, gaben einige der Kursteilnehmer die Lernumgebung/Arbeit am PC an, die für sie ungewohnt und konzentrationshinderlich sei. Des Weiteren seien (pathologische) Details auf Abbildungen nicht deutlich genug zu erkennen gewesen und manche Abbildungen hätten sich statt im Vorder- im Hintergrundfenster geöffnet. Zudem gab es ein uneinheitliches Bild bezüglich des Detailgrades des Wissensinhaltes. Einigen waren es zu viele, anderen zu knapp gefasste Informationen und zu wenig Hintergrundwissen.

### 3.4 Lernerfolg

Als objektiver Lernerfolg wurden die richtigen Lösungen im Nachtest gewertet, welche bei 74% ( $\pm 16\%$ ) lagen. Die Kursteilnehmer unterschätzten sich leicht, der angegebene subjektive Erfolg lag bei 72% ( $\pm 13\%$ ). Die Korrelation zwischen gemessener Leistung und Erwartung betrug 0,47; sie ist statistisch signifikant mit  $p < .05$ . In der Abschlussklausur am Semesterende, in der 5 Aufgaben des Nachtests erneut gestellt wurden, konnten die Kursteilnehmer 71% der Aufgaben richtig lösen. Die Korrelation zum Erfolg im Nachtest beträgt 0,85 (vgl. Abbildung 16).

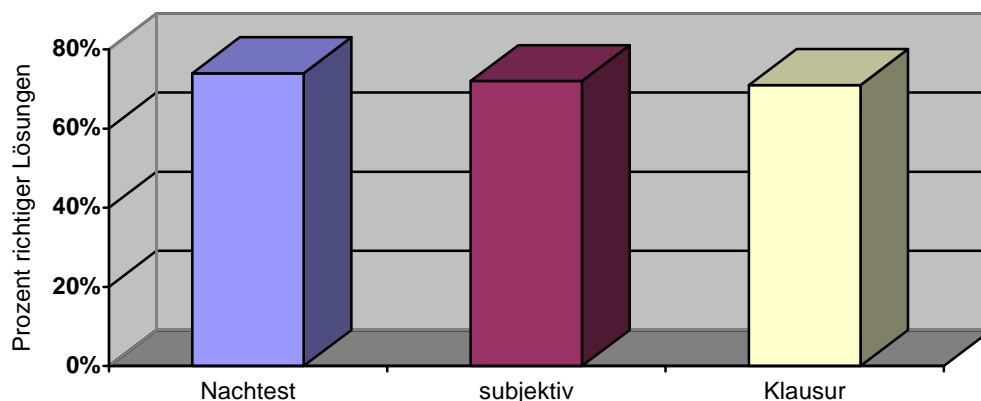


Abbildung 16: Objektiver, geschätzter und langfristiger Lernerfolg

Zu berücksichtigen sind hierbei die unterschiedlichen Zeitintervalle, die zwischen Bearbeitung der Lerneinheit und der Klausur lagen. Bedingt durch die Aufteilung



der Kursteilnehmer auf 10 Subgruppen vergingen bis zur Klausur 1 Tag bis 10 Wochen. Zu diesem erheblichen Unterschied trug auch die vierwöchige Pause über Weihnachten bei, während der keine Kurse stattfanden. Gibt es beim Vergleich der Ergebnisse im Nachtest keinen signifikanten Unterschied zwischen den Ergebnissen der Kursteilnehmer, die den Kurs vor (72% ( $\pm 19\%$ )) und nach dieser Pause (76% ( $\pm 13\%$ )) absolvierten, zeigt sich beim Klausurergebnis ein signifikanter Unterschied mit  $p = .000$ . Hier lösten die Teilnehmer, deren Kurs vor der Pause stattgefunden hatte, 66% ( $\pm 23\%$ ) der Aufgaben richtig, die Teilnehmer, deren Kurs nach der Pause stattgefunden hatte, 81% ( $\pm 14\%$ , vgl. Abbildung 17).

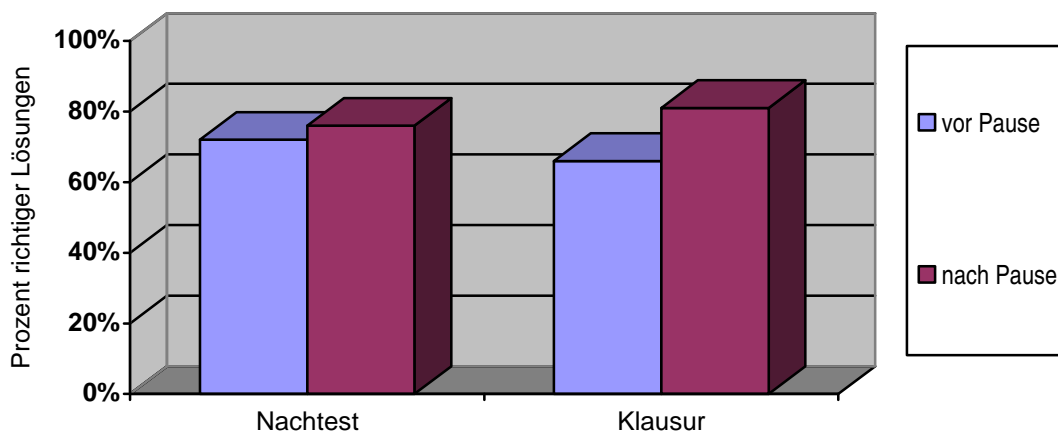


Abbildung 17: Lernerfolg in Nachtest und Abschlußklausur – Vergleich der Gruppen vor und nach der vierwöchigen Pause

### ***3.5 Auswirkung der Kursvariation durch Übungsaufgaben***

Die drei Gruppen (Übungsaufgaben am Ende, Übungsaufgaben verteilt und keine Übungsaufgaben) unterschieden sich nicht wesentlich in der benötigten **Lern-/Bearbeitungszeit**. Die Gruppen mit Übungsaufgaben benötigten im Mittel 49 Minuten (Gruppe A:  $\pm 8$  Minuten, B:  $\pm 15$  Minuten). Gruppe C mit 50 Minuten ( $\pm 11$  Minuten) trotz des Fehlens der Aufgaben sogar etwas länger (vgl. Abbildung 18).

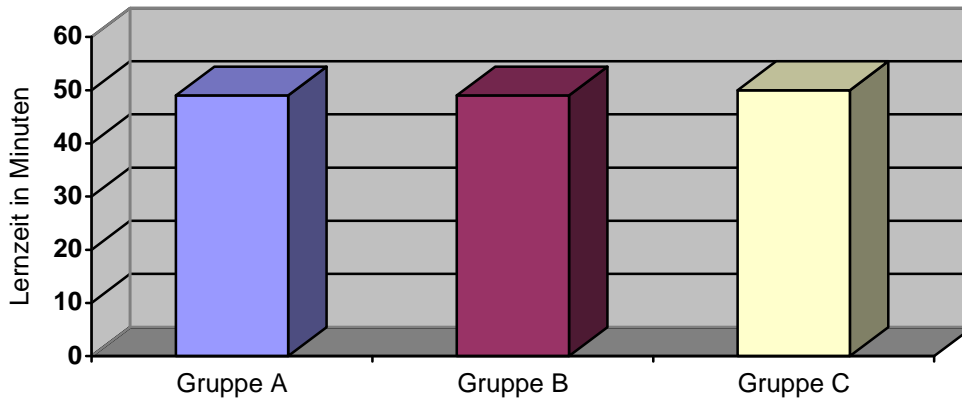


Abbildung 18: Lern-/Bearbeitungszeiten der Gruppen mit und ohne Übungsaufgaben

In der **Beurteilung** durch die Kursteilnehmer fanden die Übungsaufgaben häufiger Erwähnung bei den offenen Fragen, die aufforderten, drei besonders gelungene Aspekte der Lerneinheit zu nennen. Die Übungsaufgaben wurden als hilfreich beschrieben, da sie eine Selbstkontrolle des Gelernten ermöglichten.

Im Nachtest erzielten die Gruppen mit Übungsaufgaben einen höheren **Lernerfolg**: Gruppe A 78% ( $\pm 12\%$ ), Gruppe B 77% ( $\pm 15\%$ ) im Vergleich Gruppe C 70% ( $\pm 18\%$ ). Im Vortest gab es keine Unterschiede in den Leistungen der drei Gruppen, so dass die Unterschiede im Nachtest als Effekt der Kursvariation anzusehen sind. Dieser Effekt ist jedoch zu klein, um statistisch signifikant zu sein. Auch subjektiv erlebten sich die Teilnehmer, die Übungsaufgaben bearbeitet hatten, als kompetenter: Gruppe A 77% ( $\pm 11\%$ ), Gruppe B 74% ( $\pm 13\%$ ) im Vergleich Gruppe C 65% ( $\pm 11\%$ ) (vgl. Abbildung 19).

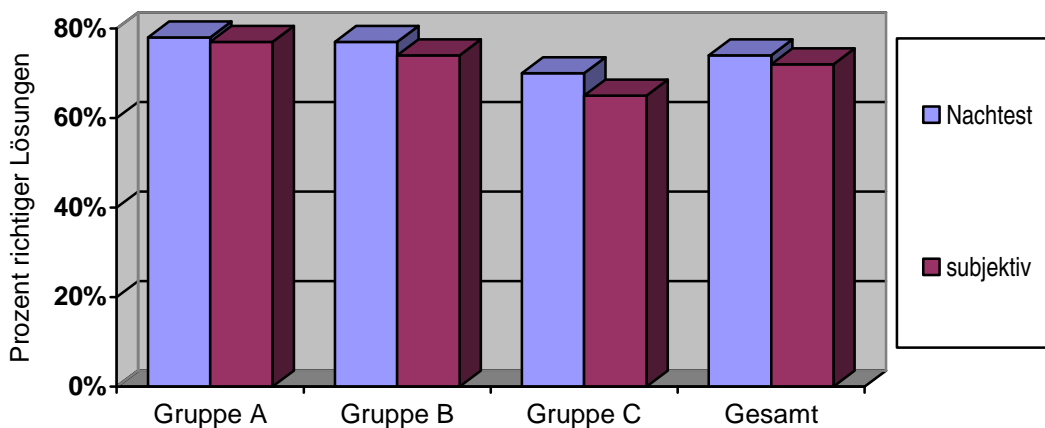


Abbildung 19: Objektiver und geschätzter Lernerfolg der Gruppen

## **4. Diskussion**

Die Relevanz der Ergebnisse der Studie wird in diesem Kapitel diskutiert. Im Anschluss werden Schlussfolgerungen abgeleitet und die praktische Relevanz der Ergebnisse eingeschätzt.

### ***4.1 Lern-/Bearbeitungszeit***

Die Gesamtzeit, die die Kursteilnehmer zum Bearbeiten der Lerneinheit benötigten, blieb innerhalb des zur Verfügung stehenden Rahmens von 60 Minuten. Wie erwartet (Hamaker 1986), lag die Lernzeit in den beiden Gruppen, deren Lerneinheit Übungsaufgaben enthielt, nicht über der Zeit der Gruppe ohne Übungsaufgaben sondern sogar etwas darunter. Die zusätzlich zu den übrigen Seiten der Lerneinheit angebotenen Übungsaufgaben verlängern die Lernzeit daher nicht.

Zu den deutlichen Unterschieden in der Betrachtungszeit von Seiten mit nur Text vs. Seiten mit Bildinhalten ist zunächst zu bemerken, dass die Seiten mit Bildinhalten deutlich weniger Text enthielten. Gemäß dem Wissen um den Gedächtnisvorteil, der sich aus der gleichzeitigen verbalen und visuellen Vermittlung von Wissensinhalten ergibt (Paivio 1986), könnten die Abbildungen in der Lerneinheit die Auffassung der Wissensinhalte vereinfacht und beschleunigt haben, so dass die deutlich kürzere Betrachtungszeit dieser Seiten resultiert.

### ***4.2 Navigationsverhalten***

Das mittels Hyperlinks zu erreichende Glossar, welches bestimmte Begriffe des Lehrtextes erläutert, sollte der Anforderung gerecht werden, Lernenden mit unterschiedlichem, teils geringem Vorwissen eine hilfreiche Ressource zur Verfügung zu stellen (Last 1998). Die großen Unterschiede in der Häufigkeit der Aufrufe könnten durch eben jene Unterschiede im Vorwissen der Lernenden bedingt sein.

Die insgesamt sehr häufige Nutzung bestätigt das Glossar als wichtige Komponente des instruktionalen Designs (Janicki & Liegle 2001). Laut Huang (2004) wird eine Glossarfunktion außerdem von den Lernenden als positiv beurteilt. Dies bestätigt sich auch in mehreren Antworten auf die offenen Fragen des Beurteilungsfragebogens, die auf besonders gelungene Aspekte der Lerneinheit abzielten. Von den Hyperlinks, die nach Beantwortung der Übungsaufgaben auf zugehörige Seiten der Wissensvermittlung verwiesen, wurde nur wenig Gebrauch gemacht. Es ist bekannt, dass Lernende in der Lage sind, die Notwendigkeit, zur Wissensvermittlung im Kurs zurück zu gehen, zutreffend einzuschätzen (Savenye 1996). Einer häufigeren Nutzung hinderlich könnte hier die Farbgebung gewesen sein, die die Hyperlinks in einem hellen Grünton vor dem dunkelgrünen Seitenhintergrund darstellte. Außerdem sind Hyperlinks in Lehrmaterialien allgemein als unpopulär bekannt – Lernende bevorzugen hingegen Navigationsstrategien, die sie von Printmedien kennen (Edmonds 1997), wie z.B. einen seitenweisen Aufbau, der linear verfolgt / „durchgeblättert“ werden kann.

Die Lerneinheit war auf einen solchen linearen Ablauf ausgelegt, bot jedoch durch eine Navigationsleiste sowie Hyperlinks im Text die Möglichkeit, hiervon abzuweichen. Das hierüber vermittelte Gefühl der Eigenkontrolle sollte das Lernen insgesamt verbessern (Edmonds 1997). Solche Navigationselemente bergen jedoch die Gefahr, die Orientierung zu verlieren (Conklin 1987, Edwards & Hardman 1989) besonders, wenn sie zahlreich vorhanden sind und wenig Erläuterung hierzu gegeben wird (Girill & Luk 1992). Die Navigation innerhalb der Lerneinheit „Lungenszintigraphie“ wird von den Kursteilnehmern sehr positiv bewertet. Obwohl bekannt ist, dass speziell Lernende mit geringerem medizinischem Vorwissen die Navigation von e-Learning-Angeboten kritisieren (Last 1998), schätzen in der vorliegenden Studie nur 8% jene als „nicht einfach“ ein. Dies spricht für die Umsetzung der Vorgaben des grafischen und technischen Designs; hier ist v.a. die horizontale Navigationsleiste zu nennen, die bekanntermaßen einer In-Seiten-Navigation vorgezogen wird (Wright & Likorish 1990).

### ***4.3 Beurteilung durch die Kursteilnehmer***

In den Fragen zur Lehrstoffdarstellung wird u.a. die Verständlichkeit der Lehrtexte gelobt. Hier bestätigt sich der Ansatz, dass dem Inhalt des e-Learning-Materials eine entscheidende Bedeutung zukommt (Kerecsen & Pazdernik 2002) und er zur Qualitätssicherung in Bezug auf den Inhalt und die instruktionale und grafische Gestaltung revidiert worden sein sollte (Brown 2003). Am schlechtesten schneiden bei den Aspekten der Lehrstoffdarstellung die Erläuterungen zu den Abbildungen ab. Da diesen eine wichtige Bedeutung zukommt (Lehmann 1998), sollten sie in der vorliegenden Lerneinheit überarbeitet werden. Nachbesserungsbedarf besteht ebenfalls bei der verwendeten Schriftgröße. Trotz Verwendung der speziell für den Einsatz am Bildschirm entwickelten Schriftart „InfoWeb“ (Mümpfer 2002) in der im Bezug auf die Lesegeschwindigkeit besten Größe von 11 Punkt (Tinker 1963) war sie fast einem Drittel der Kursteilnehmer zu klein. Hierzu ist anzumerken, dass Forschungsergebnisse, die für Printmedien gelten, nicht auf die Verwendung am Computerbildschirm übertragen werden können (Chen 1996), wo Schriftgrößen zwischen 10 und 12 Punkt wohl nicht zufrieden stellend sind (Chen 1996). Berücksichtigt man, dass Schriftgröße und Lesbarkeit des Textes Verständnis und Lerngeschwindigkeit beeinflussen (Grabinger 1992), sollte die verwendete Schriftgröße bei zukünftigen Einsätzen der Lerneinheit erhöht werden.

Nach der subjektiven Lernerfahrung der Kursteilnehmer gefragt, lassen sich in anderen Studien Enttäuschungen darüber finden, dass Lerninteresse und Kursinhalt sich nicht decken (Chyung 1998), obwohl Lernende von Lehrangeboten auf technologischer Basis eingangs gute Lerngelegenheiten und Erfahrungen erwartet hatten (Brown 2003). Sinkendes Vertrauen in die Lerngelegenheiten des Angebots (Chacon-Duque 1987) und das Verfehlen von gewünschten Lernzielen (Verduin & Clark 1991) sind übliche Probleme. In der Studie von Davies & Mendenhall (1998) geben 52% der Probanden den eigenen Lernerfolg als unzureichend an. Demgegenüber schneidet die Lerneinheit „Lungenzintigraphie“ deutlich positiver ab. Konzentrationsprobleme werden von den Teilnehmern angegeben; dies ent-

spricht der Erfahrung, dass es in Computer-Sälen durch Ablenkungen zu einer Beeinträchtigung der Konzentration kommt (Loomis 2000). Bei der großen Zustimmung zu der Frage nach Spaß beim Bearbeiten ist neben der wohl gelungenen Integration instruktionaler und motivationaler Faktoren zu beachten, dass Studenten im Allgemeinen CBT-Angebote mögen (Savenye 1996). Als Lernort für einen weiteren Einsatz favorisieren die Kursteilnehmer klar die eigenen vier Wände. Zum gleichen Ergebnis kamen Beyth-Marom (2005) und Jewett (1998), die als bevorzugten Lernort der Probanden das eigene zu Hause nannten.

Die Antworten auf die offenen Fragen des Beurteilungsfragebogens betreffen im Wesentlichen bereits in anderen Teilen des Fragebogens erfasste Aspekte. Ihre Nennung hier kann als Indiz für ihre besondere positive oder negative Relevanz gesehen werden. An positiven Merkmalen werden, wie bereits diskutiert, die gelungene Navigation und das Glossar genannt, außerdem die reichhaltige Bebilderung. Die Vorgehensweise, wie empfohlen einen hohen und abwechslungsreichen Bildanteil zu verwenden (Janicki & Liegle 2001), findet hier Bestätigung. Auch die, je nach Variation, integrierten Übungsaufgaben und deren Möglichkeit der Selbstkontrolle werden von den Kursteilnehmern gelobt. Auch Morrison (1992) fand eine positive Akzeptanz von Möglichkeiten der Eigenkontrolle durch die Probanden. Einige gegebene Antworten beschreiben das Lernen am PC per se als positiv. Dies entspricht der Erfahrung, dass die relative Neuheit des Online-Lernens und CBT-Angebote im Allgemeinen von den Lernenden positiv eingeschätzt werden (Wegner et al. 1997; Savenye 1996). Vereinzelt werden in den Antworten auf die Frage nach Schwierigkeiten beim Bearbeiten technische Probleme angegeben. Diese Probleme scheinen bei e-Learning-Angeboten häufiger aufzutreten (Jewett 1998; Davies & Mendenhall 1998). Obwohl die Zahl der Nennungen in der vorliegenden Studie gering ist, sollten die technischen Schwierigkeiten ernst genommen werden, da technischen Aspekten des e-Learnings eine wichtige Bedeutung zukommt (Wong 2003), und Lernende die Lösung solcher Probleme beim Lernen stört (Davies & Mendenhall 1998).

#### ***4.4 Lernerfolg***

Die Kursteilnehmer erzielten durch die Lerneinheit einen hohen Lernerfolg, zu dem e-Learning-Angebote bekanntermaßen im Stande sind (Jelovsek & Adebonyo 1993; Ayoub et al. 1998; Shachar & Neumann 2003). Der erzielte Lernerfolg war, wie angestrebt, über die Zeit stabil. Unterschiede in den Leistungen in der Abschlußklausur waren erwartet worden im Hinblick auf die deutlich differenten Zeitintervalle bis zur Klausur. Diese Unterschiede stellen sich in den Ergebnissen dar, die hohe Korrelation der Klausurergebnisse zu denen im Nachtest legt dennoch eine hohe Zeitstabilität des erworbenen Wissens nahe.

#### ***4.5 Auswirkung der Kursvariation durch Übungsaufgaben***

Die Gruppen, die Übungsaufgaben bearbeiteten, benötigten nicht mehr Lernzeit als die Gruppe ohne Übungsaufgaben. In der abschließenden Wissensdiagnostik schneiden die Teilnehmer, die Übungsaufgaben bearbeitet haben, besser ab. Gemäß den Erwartungen (Hamaker 1986; Haynie 1994; Morrison et al. 1995) steigern Übungsaufgaben demnach den Lernerfolg, ohne die benötigte Lernzeit zu verlängern. Analog zu den Ergebnissen von Vallerrand & Reid (1998) und Musch (2000) erleben sich die Lernenden, die Übungsaufgaben bearbeitet haben, als kompetenter und führen die Möglichkeit der Eigenkontrolle als positives Merkmal an – auch diese Daten entsprechen den bekannten von Morrison (1992). Dennoch ist der Unterschied im Lernerfolg zwischen den Gruppen statistisch nicht signifikant. Dies könnte bedingt sein durch die Kürze der Lerneinheit und den moderaten Schwierigkeitsgrad der Thematik Lungenzintigraphie. Möglicherweise würden die ermittelten Unterschiede zwischen den Teilnehmern, die Übungsaufgaben bearbeitet haben und denen, die dies nicht getan haben, deutlicher, wenn die Stoffmenge umfangreicher und die Inhalte komplexer würden.

Eine Aussage hinsichtlich optimalen Einsatzzeitpunktes der Übungsaufgaben lässt sich anhand der vorliegenden Daten ebenfalls nicht machen. Aufgrund der Tatsache, dass Übungsaufgaben den Lernenden aktivieren und die Auseinandersetzung

mit dem Lehrstoff fördern (Jacobs 1998), war anzunehmen, dass eine zeitnahe Darbietung zu den Wissensinhalten vorteilhaft wäre. Auch hier ist die vorliegende Lerneinheit zu kurz, um Unterschiede der Gruppe zu zeigen, die die Übungsaufgaben an dieser Stelle vorliegen hatte und der Gruppe, die die Übungsaufgaben komplett am Schluss der Lerneinheit bearbeitet hatte.

#### ***4.6 Schlussfolgerungen***

Ziel der vorliegenden Studie war es, auf Basis des gegenwärtigen Wissenstandes über e-Learning eine webbasierte Lerneinheit zum Thema Lungenszintigraphie zu entwickeln, diese dem Autorenprozess des Projekts „k-MED“ zu unterwerfen, ins bestehende Curriculum zu integrieren und in der praktischen universitären Lehre einzusetzen. Hierbei sollten Parameter für ein Gelingen der Lehre, Lernerfolg und Akzeptanz, sowie weitere Aspekte gemessen werden. Ferner war eine experimentelle Variation integriert, die Hinweise auf den optimalen Einsatzzeitpunkt lernförderlicher Übungsaufgaben geben sollte.

Es sind ausreichend Ergebnisse systematischer Forschung vorhanden, die aufzeigen, wie e-Learning erfolgreich eingesetzt wird (Sunal et al. 2003). In allen medizinischen Disziplinen ist man bemüht, nach diesem jeweils aktuellen Wissensstand vorzugehen (Petersen 1999) – dieses Vorgehen wird als „Evidence Based Medicine“ (EBM) bezeichnet. Obwohl Lehre in der Medizin Teil der alltäglichen medizinischen Tätigkeit ist (Campbell & Johnson 1999), und obwohl die Bedeutung der Ausbildung zukünftiger Ärzte nicht angezweifelt wird, gelten in der medizinischen Lehre oftmals nicht diese Kriterien des evidenz-basierten Vorgehens (Campbell & Johnson 1999; Petersen 1999). Wenige Chirurgen würden behaupten, dass das Überstehen eines chirurgischen Eingriffs den Patienten dazu befähigt, diesen Eingriff in Zukunft selbst durchzuführen (Petersen 1999), jedoch wird es akzeptiert, dass das erfolgreiche Absolvieren des Medizin-Studiums allein zur Lehrtätigkeit qualifiziert (Petersen 1999). Dementsprechend finden sich auch in Bezug auf e-Learning zahlreiche Projektbeschreibungen, deren Aussagen



anekdotenhaft und nicht evidenz-basiert sind (Campbell & Johnson 1999; Sunal et al. 2003).

E-Learning stellt auch in der medizinischen Lehre eine Modeerscheinung dar, welche gesellschaftlichen Einflüssen unterliegt (Campbell & Johnson 1999). Davon abzugrenzen sind Methoden, welche bekannte Lernprinzipien umsetzen. Ohne dies führt e-Learning zu einem ausufernden Angebot an e-Content – eine trendbedingte Erscheinung ohne methodischen Gewinn (Campbell & Johnson 1999). Viele e-Learning-Angebote sind schwach und konnten sich im universitären Lehralltag nicht durchsetzen (Wong et al. 2003). Werden jedoch Regeln und Empfehlungen aus systematischer Forschung beachtet, kann e-Learning erfolgreich curricular eingebunden werden und die Lehre verbessern (Bourne 1998). Dies wirft die Forderung nach „Evidence Based Teaching“ (EBT) auf. Die Frage, was in der medizinischen Lehre funktioniert, in welchem Kontext, für welche Gruppen und was es kostet, ist von großem allgemeinem Interesse (Huchinson 1999). Die Effektivität einer Lehrmethode wissenschaftlich zu ermitteln, ist ebenso aufwändig, wie die einer neuen Behandlungsmethode zu erforschen (Hutchinson 1999), jedoch sind finanzielle Mittel für Forschung und Entwicklung in der medizinischen Lehre gering (Petersen 1999). Gerade im Rahmen solcher allgemein begrenzter Ressourcen ist EBT in der medizinischen Lehre essentiell (Hutchinson 1999).

In der vorliegenden Studie wurden von Beginn an Regeln, die sich aus bestehenden Forschungsergebnissen ableiten lassen, berücksichtigt. Dies umfasst die Gestaltung der eigentlichen Lerneinheit, den Einbau ins bestehende Curriculum und die abschließende Evaluation. Zur Gestaltung von e-Learning-Content ist bekannt, dass:

- Pädagogik der Schlüssel zum Lernerfolg ist, die Technologie nur ein Präsentationsmedium darstellt (Clark 1994; Janicki & Liegle 2001; Sunal et al. 2003)
- Lernziele zu Beginn festgelegt werden sollten (Schank 1998; Chyung et al. 1998; Wong et al. 2003), ferner Möglichkeiten zu Selbsttestung und notwendige Ressourcen/Hilfe-Seiten (Janicki & Liegle 2001)

- Ein gleich bleibendes Layout geschaffen und ein abwechslungsreicher Präsentationsstil verwendet werden sollte (Janicki & Liegle 2001; Wong et al. 2003)
- Ein hoher Bildanteil vorhanden sein sollte, ohne von allen technischen Möglichkeiten zwanghaft Gebrauch zu machen (Wong et al. 2003)
- Technische Mängel nicht vorkommen sollten, Benutzerfreundlichkeit sehr wichtig ist (Glenn 1996; Mooney 1997)
- Hierzu gehört eine einfache und übersichtliche Navigation (Molina 1995; Tennyson 1989; Frasson & Aimeur 1997) und der Einsatz verfügbarer, kostenfreier Technologien (Wong et al. 2003)
- Zum Gelingen dieser Vorgaben Spezialisten aller Fachdisziplinen von Nöten sind

Zur Integration in das Curriculum wurde berücksichtigt, dass:

- Entscheidungsträger in den Prozess involviert sein sollten (Wong et al. 2003)
- Die Kompetenzen der Medizin-Autoren auf instruktionaler und gestalterischer Ebene ausgebaut werden (Wong et al. 2003; Greenhalgh 2001), und ein Autorensystem den Prozess unterstützt (Murray 1996)
- Die Ziele des Angebots und der Platz innerhalb der übrigen Lehrveranstaltungen den Studenten verdeutlicht werden sollten, so dass sie erkennen können, dass das e-Learning sinnvoll ist und ihnen nützt

Die Ergebnisse zeigen, dass e-Learning in dieser Form erfolgreich ist. Nicht nur stellte sich ein hoher Lernerfolg ein, außerdem war die Akzeptanz unter den Kursteilnehmern sehr hoch. Betrachtet man die zahlreichen Publikationen, die vom Scheitern von e-Learning-Angeboten berichten (Chyung 1998), und zieht darüber hinaus die Wahrscheinlichkeit in Betracht, dass Studien mit negativen Ergebnissen weniger wahrscheinlich publiziert wurden (Easterbrook et al. 1991, Dickersin et al. 1992), stellt sich der Erfolg der vorliegenden Studie deutlich dar. Hierzu ist außerdem anzumerken, dass keine Positiv-Selektion vorlag, da die Kursteilnehmer nicht freiwillig teilnahmen. Die Schlussfolgerung hieraus muss sein, dass e-Learning in der Lage ist, zur Verbesserung der Lehre in der Medizin beizutragen, hierzu jedoch zwingend evidenz-basiert operiert werden muss.

Der Erfolg der Studie gibt Anlass, die Lerneinheit erneut einzusetzen und das erfolgreiche Konzept auch für weitere Lerneinheiten anzuwenden. Die Lerneinheit „Lungenszintigraphie“ ist an der Universität Marburg bis dato im Einsatz im Rahmen des Radiologie-Kurses. Hinzugekommen sind zahlreiche weitere Lerneinheiten zu nuklearmedizinischen Themen, zur Strahlendiagnostik, -therapie und zur Strahlenphysik. Das Curriculum des Radiologie-Kurses wurde weiter angepasst, so dass große Teile über e-Learning-Angebote von k-MED abgedeckt werden. Auf diese Weise ist es gelungen, die anfänglich hohen Kosten zu senken, da bestehendes Material weiter verwendet werden kann (Bourne 1998). Außerdem bietet das Learning-Management-System weitere Funktionen zur Gruppenverwaltung und zur Schaffung virtueller Lerngemeinschaften, welche in der vorliegenden Studie keine Berücksichtigung fanden. Diese sind inzwischen ebenso erfolgreich im Einsatz wie die Möglichkeit, mittels des LMS' Online-Prüfungen durchzuführen (Gotthardt et al. 2006).

## 5. Zusammenfassung

E-Learning (electronic learning) stellt eine Methode dar, die Vorteile gegenüber traditionellen Lehrmethoden bietet und zur Verbesserung der Lehre in der Medizin beitragen kann. Trotzdem scheitern viele dieser Angebote, da Erkenntnisse aus Studien zur Lern- und Instruktionspsychologie über die Gestaltung und effektive Nutzung von elektronischem Lehrmaterial und dessen curriculare Integration nicht berücksichtigt werden. Zur Steigerung des Lernerfolgs elektronisch Lehrsystemen stellen Übungsaufgaben ein wirksames Instrument dar.

In der vorliegenden Studie wurde eine internetbasierte Lerneinheit zum Thema „Lungenzintigraphie“ im Rahmen des Verbundprojektes „k-MED“ erstellt. Zur Qualitätssicherung wurde sie von Experten der Medizin, Instruktionspsychologie und des Grafik-Design revidiert. 87 Teilnehmer arbeiteten im Rahmen eines Pflichttermines des Radiologie-Kurses mit der 57-seitigen Lerneinheit. Um Einflüsse von Übungsaufgaben zu bestimmen, die an verschiedenen Stellen dargeboten wurden (am Ende / im Lehrstoff verteilt / keine Übungsaufgaben), waren die Kursteilnehmer in drei Versuchsgruppen eingeteilt, die jeweils eine der drei Versionen der Lerneinheit bearbeiteten.

Mittels eines Learning Management Systems wurden Lernzeit, Lernerfolg (richtige Lösungen im anschließenden Test) und Navigationsverhalten bestimmt. Die Ergebnisse der Abschlußklausur am Semesterende wurden als Langzeit-Behaltensleistung ebenfalls berücksichtigt. Eine Online-Evaluation ermittelte Akzeptanz und subjektive Lernerfahrung der Kursteilnehmer sowie deren Beurteilung von Verständlichkeit und verschiedenen gestalterischen und technischen Aspekten der Lerneinheit.

Der Lernerfolg lag bei 74%, die Langzeit-Behaltensleistung bei 71%. Die benötigte Lernzeit betrug 49 Minuten. Die Versuchsgruppen mit Übungsaufgaben lösten 77,5% der Aufgaben richtig und benötigten hierfür nicht mehr Lernzeit. Die Darbietung der Aufgaben an verschiedenen Stellen ergab keine Unterschiede im Lernerfolg. Verständlichkeit, Bebilderung und Navigation der Lerneinheit erhielten 87 – 99% positive Rückmeldungen. 83 – 88% der Kursteilnehmer gaben eine erfolgreiche subjektive Lernerfahrung an. Als Zielsetzung für ein erneutes Lernen

wurde das eigene zu Hause mit 88% bevorzugt genannt. Übersichtlichkeit, Navigation und Möglichkeiten der Selbsttestung als gelungene Aspekte besonders hervorgehoben. Schriftgröße, Abbildungserläuterungen und Konzentrationsprobleme wurden als häufigste Schwierigkeiten beim Bearbeiten genannt.

Die Studie zeigt, dass e-Learning in dieser Form eine erfolgreiche Lehrmethode ist und im universitären Alltag eingesetzt werden kann. Bekannte Vorteile des e-Learning stellen sich in den Ergebnissen dar. Zum Gelingen ist jedoch zwingend ein evidenz-basiertes Vorgehen, sowohl bei der Erstellung des Lehrmaterials, als auch bei der Integration ins gegebene Curriculum notwendig.

## Abkürzungsverzeichnis

ÄAO	Ärzte Approbationsordnung
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
CAI	Computer Assisted Instruction
CAL	Computer Assisted Learning
CBT	Computer Based Training
CD	Compact Disc
DVD	Digital Versatile Disc
EBM	Evidence Based Medicine
EBT	Evidence Based Teaching
FC	Forced Choice
HMWK	Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst
HTML	Hypertext Markup Language
ISDN	Integrated Services Digital Network
ITS	Intelligente tutorielle Systeme
KCR	Knowledge Of Correct Result
k-MED	Knowledge Based Multimedia Medical Education
KOR	Knowledge Of Result
LMS	Learning Management System
MC	Multiple Choice
MTF	Multiple Try Feedback
NMB	Neue Medien in der Bildung
PC	Personal Computer
SCORM	Sharable Content Object Reference Model
WBT	Web Based Training
WYSIWYG	What You See Is What You Get
XML	Extensible Markup Language

## Literaturverzeichnis

Achenbach S, Alfke H, Klose KJ. Teleteaching with CONRAD. From collected cases to interactive learning system. *Radiologe* 1997; 37(4): 299-304

Anderson JR, Corbett AT, Koedinger KR, Pelletier G. Cognitive Tutors. Lessons Learned. URL: [http://act-r.psy.cmu.edu/papers/Lessons\\_Learned.html](http://act-r.psy.cmu.edu/papers/Lessons_Learned.html) (geprüft 18.02.2006)

Ayoub JL, Vanderboom C, Knight M, Walsh K, Briggs R, Grekin K. A study of the effectiveness of an Interactive Computer Classroom. *Computers in Nursing* 1998; 6: 333-338

Bangert-Drowns RL, Kulik C, Kulik JA, Morgan MT. The instructional effect in test-like events. *Review of educational research* 1991; 61: 213-238

Beyth-Marom R, Saporta K, Caspi A. Synchronous vs. Asynchronous Tutorials: Factors Affecting Students' Preferences and Choices. *Journal of Research on Technology in Education* 2004; 37 (3): 241-258

Brown G, Myers CB, Roy S. Formal course design and the student learning experience. *JALN* 2003; 7 (3): 66-76

Bourne J. Net-Learning: Strategies for On-Campus and Off-Campus Network-enabled Learning. *JALN* 1998; 2 (2): 70-88

Bugbee A. Equivalence of paper and pencil and computer based testing. *Journal of Research on Computing in Education* 1996; 28 (3), 282-299

Campbell JK, Johnson C. Trend spotting: fashions in medical education. *BMJ* 1999; 318: 1272-1275

Chacon-Duque FJ. A multivariate model for evaluating distance higher education. 1987, Pennsylvania State University Press

Chen M. The Effects of Font Size in a Hypertext Computer Based Instruction Environment. Proceedings of Selected Research and Development Presentations at the 18th National Convention of the Association for Educational Communications and Technology 1996, Indianapolis, Indiana, USA

Chyung, Yonnie, Donald Winiecki u. Jo Ann Fenner: Evaluation of Effective Interventions to Solve the Drop out Problem in Adult Distance Education. 1999, URL: <http://ad.informatik.uni-freiburg.de/bibliothek/proceedings/edm99.pdf>

Clark RE. Media and methods. Educational-Technology-Research and Development 1994; 42: 7-10

Conklin EJ. Hypertext: An introduction and survey. IEEE Computer 1987; 2: 17-41.

Corno L, Mandinach EB. The Role of Cognitive Engagement in Learning and Motivation. Educational Psychologist 1983; 18: 88-108

Cyboran V. Designing Feedback for Computer-based Training. Performance & Instruction 1995; 34 (5): 18-23

Davies R, Mendenhall R. Evaluation comparison of online and classroom instruction for HEPE 129 - Fitness and lifestyle management course. 1998, Brigham Young University, Salt Lake City, Utah, USA

Dickersin K, Min Y-I, Meinert CL. Factors influencing publication of research results. JAMA 1992; 267: 374-378

Easterbrook PJ, Berlin JA, Gopalan R, Matthews DR. Publication bias in clinical research. Lancet 1991; 337: 867-872



Edmonds S. Making Sense of Hypertext. Proceedings of the CAL 97 Conference "Superhighways, Super CAL, Super Learning?" 1997, University of Exeter, England

Edwards DM, Hardman L. Lost in Hyperspace: Cognitive mapping and navigation in a hypertext environment. In: McAleese (Hrsg.), 1989: Hypertext: Theory into Practice. Intellect Limited, Oxford: 105-125

Elser H. Lungen. In: Leitfaden Nuklearmedizin. 1999. Steinkopff, Darmstadt: 155-165

Frasson C, Aimeur E. A comparison of three learning strategies in intelligent tutoring systems. Journal of Educational Computer Research 1996; 14 (1), 363-371

Girill TR, Luk CH. Hierarchical search support for hypertext on-line documentation. International Journal of Man-Machine Studies 1992; 36: 571-585

Glenn J. A consumer-oriented model for evaluating computer-assisted instructional materials for medical education. Acad Med 1996; 71: 251-255

Glowalla U, Krömker D, Steinmetz R. K-MED Autorenhandbuch. 2002, <http://www.iim.uni-giessen.de/k-med/partner/kabu> (geprüft 18.02.2006)

Goldberg M, Slari S, Swoboda P. WW Course Tool: an environment for building WWW based Courses. Fifth International WWW Conference 1996, Paris

Goodwin LK. Web-based informatics education: lessons learned from five years in the trenches. Proc AMIA Symp 2002: 300-304

Gotthardt M, Siegert MJ, Schlieck A, Schneider S, Kohnert A, Groß MW, Schäfer C, Wagner R, Hörmann S, Behr TM, Engenhardt-Cabilic R, Klose KJ, Jungclas H,

Glowalla U. How to successfully implement e-learning for both students and teachers. *Acad Radiol* 2006; 13(3): 379-390

Grabinger RS. Computer screen designs: Viewer judgments. *Educational Technology Research and Development* 1992; 41(2): 35-73

Greenhalgh T. Computer assisted learning in undergraduate medical education. *BMJ* 2001; 322: 40-44

Greenhalgh T, Toon P, Russell J, Wong G, Plumb L, Macfarlane F. Transferability of principles of evidence based medicine to improve educational quality: systematic review and case study of an online course in primary health care. *BMJ* 2003; 326: 142-145

Grunewald M, Heckemann RA, Gebhard H, Lell M, Bautz WA. COMPARE radiology: Creating an interactive web-based training program for radiology with multimedia authoring software. *Acad Radiol* 2003; 10 (5): 543-53

Hamalainen M, Whintson A, Vishik S. Electronic markets for learning: education brokerages on the internet. *Communications of the ACM* 1996; 39(6): 51-58

Hamaker C. The Effects of Adjunct Questions on Prose Learning. *Review of Educational Research* 1986; 56 (2): 212-242

Hannafin M, Peck K. *The Design Development and Evaluation of Instructional Software*. MacMillian Publishing 1988, New York

Harasim L, Hiltz S, Teles L, Turoff M. *Learning networks*. MIT Press 1995, Cambridge, Mass, USA

Haynie WJ. Effects of Multiple-Choice and Short-Answer Tests on Delayed Retention Learning. *J of Technology Education* 1994; 6(1)

Hesketh EA. A framework for developing excellence as a clinical educator. *Med Educ* 2001; 35: 555-564

Huang DW, Aagard H, Diefes-Dux H. Impact of Cognitive-based Instructional Intervention on Learning Motivation: The Implementation of Student-made Glossary in a Programming-oriented Engineering Problem-solving Course and Its Impact on Learning Motivation. Association for Educational Communications and Technology 2004, Chicago, Illinois, USA

Hughes IE. Computer-based learning – an aid to successful teaching of pharmacology? *Arch Pharmacol* 2002; 366: 77–82

Hutchinson L. Evaluationg and researching the effectiveness of educational interventions. *BMJ* 1999; 318: 1267-1269

Jacobs B. Aufgaben stellen und Feedback geben. 2002, URL: <http://www.phil.uni-sb.de/~jakobs/wwwartikel/feedback/index.htm> (geprüft 18.02.2006)

Janicki T, Liegle JO. Development and evaluation of a framework for creating web-based learning modules: A pedagogical and systems perspective. *JALN* 2001; 5 (1): 58-84

Jelovsek FR, Adebonojo L. Learning principles as applied to computer-assisted-instruction. *Computer Assisted Instruction* 1993; 10: 165–172

Jewett F. Course restructuring and the instructional development initiative at Virginia Polytechnic Institute and State University: A benefit cost study. 1998, Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA

Kerecsen L, Pazdernik TL. From mainframe to Web-based: 30 years of experience in computer-aided instruction of pharmacology. *Arch Pharmacol* 2002; 366 :83–89

Kleimann B, Weber S, Willige J. E-Learning aus Sicht der Studierenden. In HIS (Hrsg.), HISBUS Online Panel, Kurzbericht Nr. 10, 2005

Kulhavy RW, Stock WA. Feedback in written instruction. The place of response certitude. *Educational Psychology Review* 1989; 1: 279-308

Lane VP, Curran P. Computing education of medical students through a study of hospital and clinical activities: seven years' experience. *Medinfo* 1995; 8: 1144-1148

Last DA, O'Donnell AM, Kelly AE. Using Hypermedia: Effects of Prior Knowledge and Goal Strength. Proceedings of the 9th International Conference "Society for Information Technology & Teacher Education" 1998, Washington DC, USA

Lebow D, Wager W, Marks P, Gilbert N. Construe: software for collaborative learning over the World Wide Web. Proceedings of the AECT collaboration in distance education conference 1996. Tallahassee, Florida, USA: 1-15

Levie WH, Lentz R. Effects of text illustrations. A review of research. *Educational Communication and Technology J* 1982; 30: 195-232

Loomis KD. Learning Styles and Asynchronous Learning: Comparing the LASSI Model to Class Performance. *JALN* 2000; 4(1): 23-31

Lufingham JK. An assessment of computer assisted learning in orthodontics. *Br J Ortho* 1998; 11: 205-208.

Maddux C, Johnson D, Willis J. Educational computing: Learning with tomorrow's technologies. Needham Heights, MA 2001: Allyn Bacon.

MacLachan J. Psychologically based techniques for improving learning with computerized tutorials. *J Comput Based Instr* 1986; 13: 65–70

Mason M. Models of Online Courses. *JALN* 1998; 2 (2)

Mümpfer M. Typographie Grundlagen. 2002, <http://www.iim.uni-giessen.de/k-med/partner/kabu> (geprüft 18.02.2006)

Molina C. Transitioning to CBT. *Performance & Instruction* 1995; 35 (9), 26-33

Mooney GA, Bligh JG. Computer-based learning materials for medical education: a model production. *Med Educ* 1997; 31: 197–201

Morrison GR, Ross SM, Gopalakrishnan M, Casey J. The effects of feedback and incentives on achievement in computer-based instruction. *Contemporary Educational Psychology* 1995; 20 (1): 32-50

Morrison GR, Ross SM, Baldwin W. Learner control of context and instructional support in learning elementary school mathematics. *Educational Technology Research and Development* 1992; 4(1): 5-13

Morrison JM. Evidence-based education: development of an instrument to critically appraise reports of educational interventions. *Med Educ* 2001; 33: 890-893

Murray T. From Story Boards to Knowledge Bases, the First Step in Making CAI 'Intelligent'. In Carlson & Makedon (Hrsg.): *Educational Multimedia and Hypermedia* 1996, Proceedings. Charlottesville VA: 509-514

Musch J. Die Gestaltung von Feedback in computergestützten Lernumgebungen: Modelle und Befunde. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 1999; 13 (3): 148-160

Nichols GW. Formative evaluation of Web-based instruction. In Khan BH (Hrsg.): Web-based instruction. Englewood Cliffs, NJ 1997: Educational Technology Publications: 369-374

Paivio A. Mental Representations. Oxford University Press 1986: 53-83

Petersen S. Time for evidence based medical education. BMJ 1999; 318: 1223-1224

Ram SP, Phua KK, Ang BS. The effectiveness of computer aided instruction courseware developed using interactive media concepts for teaching Phase III MD students. Medical Teacher 1997; 19: 51-52.

Robin B, McNeill S. Creating a course-based web site in a university environment. Computer & Geosciences 1997; 23 (5): 563-72

Salmon G. E-moderating: a guide to tutoring and mentoring on line. Kogan Page, London 2000

Savenye WC. Learner Navigation Patterns and Incentive on Achievement and Attitudes in Hypermedia-Based CAI. Proceedings of Selected Research and Development Presentations at the National Convention of the Association for Educational Communications and Technology 1996, Indianapolis, Indiana, USA

Seaward M. The Computer Age in Dentistry. Br Dent J 1981; 150: 55

Scalzetti EM. Radiology teaching file cases on the World Wide Web. J Digit Imaging 1997; 10 (1):209-211

Schank R. Horses for courses. Communications of the ACM 1998; 41 (7): 23-25

Schittek M, Mattheos N, Lyon HC, Attström R. Computer assisted learning. A Review. Eur J Dent Educ 2001; 5: 93-100

Schümichen C. Leitlinie für die Lungenzintigraphie. In: Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Nuklearmedizin. 1999, URL: <http://www.uni-duesseldorf.de/AWMF/II/031-005.htm> (geprüft 26.02.2006)

Schulmeister R. Didaktische Aspekte hypermedialer Lernsysteme. In: Kammerl (Hrsg.): Computerunterstütztes Lernen. Oldenbourg: München 2000

Shachar M, Neumann Y. Differences Between Traditional and Distance Education Academic Performances: A meta-analytic approach. International Review of Research in Open and Distance Learning 2003; 4: 2

Stern JM, Simes RJ. Publication bias: evidence of delayed publication in a cohort study of clinical research projects. BMJ 1997; 315: 640-645

Sunal DW, Sunal CS, Odell MR, Sundberg CA. Research-supported best practices for developing online learning. J Interactive Online Learning 2003; 2(1): 1-40

Tennyson R. Cognitive Science and Instructional Technology: Improvements in Higher Order Thinking Strategies. Proceedings of the Association for Educational Communication & Technology 1989, Dallas, Texas, USA

Tinker MA. Legibility of print. 1963, Iowa State University Press, Ames

Twidale MB. Redressing the Balance: The Advantages of Informal Evaluation Techniques for Intelligent Learning Environments. Journal of Artificial Intelligence in Education 1993; 4 (2/3): 155-178

Vallerand RJ, Reid G. On the relative effects of positive and negative verbal feedback on males' and females' intrinsic motivation. Canadian Journal of Behavioural Science 1988; 20 (3): 239-250

Verduin J, Clark T. Distance Education: The foundations of effective practice. 1987, Jossey-Bass, San Francisco

Vogel D, Wagner C, Ma L. Student Directed Learning: Hong Kong Experiences. Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference and System Sciences 1999. CD-ROM, Los Alamitos, Kalifornien, USA: 10

Wegner S, Holloway K, Kroder A. Utilizing a problem-based approach on the World Wide Web. 1997, Southwest Missouri State University, Springfield, Missouri, USA

Wenzel A, Gotfredsen E. Students' attitudes toward and use of computer assisted learning in oral radiology over a 10-year period. *Dentomaxillofac Radiol* 1997; 26: 132–136.

Widström E, Birn H, Haugeforden O, Martinsson T. Dental students' views in their education and study circumstances in Nordic countries. *Swed Dent J* 1990; 14: 123–129

Wofford MM, Spickard AW III, Wofford JL. The Computer-based lecture. *JGIM* 2001; 16: 464-467

Wong G, Greenhalgh T, Russell J, Boynton P, Toon P. Putting your course on the web: lessons from a case study and systematic literature review. *Med Ed* 2003; 37: 1020-1023

Wright P, Likorish A. An empirical comparison of two navigation systems for hypertexts. In: McAleese, Green (Hrsg.), 1990: *Hypertext: state of the art*. Intellect Limited, Oxford: 84-93

Ziefle M. Effects of display resolution on visual performance. *Hum Factors* 1998; 40: 554–568



## Meine akademischen Lehrer

Meine akademischen Lehrer waren Damen und Herren in Marburg:

Arnold, Aumüller, Bals, Barth, Basler, Baum, Becker, Behr, Berger, Beyer, Cetin, Christiansen, Czubayko, Daut, Dominguez, Dünne, Eilers, Engenhardt-Cabilic, Feuser, Gerdes, Geus, Görg, Gotthardt, Gotzen, Grimm, Griss, Gudermann, Happle, Hasilik, Hellinger, Herzum, Hesse, Hofmann, Hoyer, Huber, Joseph, Jungclas, Kaluza, Kann, Kern, Klaus, Klenk, Klose, Köhler, Koolman, Krieg, Kroll, Kuhlmann, Lammel, Lang, Langer, Lengsfeld, Lill, Löffler, Lohoff, Maisch, Martin, Mattejat, Moll, Müller, Mutters, Neubauer, Nies, Oertel, Quaschner, Reichel, Remschmidt, Renz, Röhm, Rosenow, Rothmund, Schäfer, Schlieck, Schmidt, Schnabel, Schneider, Schulte-Körne, Schwarz, Schwella, Schüffel, Steiniger, Stiletto, Storck, Suske, Tebbe, Teymoortash, Vogelmeier, Vohland, Voigt, Von Garrel, Wagner, Walther, Weihe, Werner, Westermann, Wilke, Winter, Wulf

## Danksagung

Vor allem danke ich Herrn PD Dr. Martin Gotthardt und Frau Dr. Anja Schlieck. Ihnen gelang es, mich für die Thematik zu begeistern, mit mir die ersten Entwürfe für den Kurs zu entwickeln und einen Rahmen für den finalen Einsatz zu schaffen. Währenddessen vermochten sie es zahlreiche Male erneut, mir das Gelingen und die Durchführbarkeit vor Augen zu führen. Alle auftretenden Schwierigkeiten wussten sie zu lösen; bis zuletzt standen sie mir geduldig zur Seite. An manchen Stellen des langen Weges vom ersten Kontakt bis zum fertigen Schriftstück setzten sie mehr Vertrauen in mich, als ich selbst es tat. Nicht nur wäre die vorliegende Dissertation ohne sie undenkbar - auch fehlten sie mir als persönliche Freunde.

Ein besonderer Dank gilt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Forschungsgruppe „Instruktion und interaktive Medien“ des Fachbereiches Psychologie der Justus-Liebig-Universität Gießen sowie den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Lerndesign GmbH; hierunter besonders Herrn Dr. Alfred Kohnert und Herrn Dipl.-Psych. Stefan Schneider für die Bereitstellung des LMS, die schnelle und kompetente technische Unterstützung und die vielen guten Ratschläge, die die Kursdurchführung gelingen ließen. Im Zuge dessen danke ich Herrn Dipl.-Ing. Stefan Hörmann von der TU Darmstadt für die Bereitstellung, Erläuterung und Anpassung seiner Software.

Ich danke allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Klinik für Nuklearmedizin der Philipps-Universität Marburg, die mich bei der Durchführung der Studie unterstützt haben. Insbesondere danke ich Herrn Prof. Dr. Hartmut Jungclas für die freundliche Genehmigung, die Lerneinheit im Rahmen des Radiologie-Kurses einzusetzen. Hierbei stand mir Herr Dipl.-Phys. Hans-Walter Fritsch in allen Belangen die PC-Systeme betreffend hilfreich zur Seite; auch ihm gilt mein Dank.

Ferner danke ich allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des k-med-Projekts sowie seinen Förderern, dem BMBF und dem HMWK, die das Projekt ins Leben gerufen und diese Studie überhaupt erst ermöglicht haben.

Nicht zu vergessen sind diejenigen, die nicht im Vordergrund an der Studie mitgearbeitet, aber dennoch mich während der gesamten Zeit ausgehalten, unterstützt und getragen haben: Meine Eltern und meine Freunde. Unter letzteren sei besonders Herrn Dipl. Humanbiologe Micha M. Wendt Dank gesagt.

Zu guter letzt möchte ich meinen Dank Frau Dipl.-Psych. Maria J. Siegert aussprechen. Ihre instruktionspsychologische Begutachtung hat die Qualität der Lerneinheit entscheidend verbessert, ihre Erfahrung in der Evaluation von Lehrveranstaltungen war von großem Wert. Doch hierbei handelt es sich nur um die offensichtlichen Beteiligungen. In Wirklichkeit hat sie an vielen Schnittstellen des Projekts helfend eingegriffen, die Zusammenarbeit der einzelnen Fachbereiche vorangebracht, Unlösbares beseitigt und mich mit ihrem Rat immer treu unterstützt. Schließlich ist sie neben all dem Beruflichen eine gute Freundin geworden.