

# Konzeption und Evaluation eines interaktiven, explorierbaren anatomischen Lernprogramms

S. Kornfeld  
B. Schwalm  
S. Grotta  
H.-W. Korf  
H. Wicht

## *Design and Evaluation of an Interactive Anatomy Training Programme*

### Zusammenfassung

Die Kenntnis der arteriellen Stämme und der verschiedenen Pulspunkte, die sich entlang ihres Verlaufes finden, ist eines der zentralen Lernziele der vorklinischen medizinischen Ausbildung. Wir stellen ein Computerprogramm vor, mit dessen Hilfe die Studierenden dieses Wissen erwerben können. Bei dem Programm handelt es sich um ein interaktives Lernobjekt, das mit zwei explorierbaren Oberflächen arbeitet: der des Computers und der des Körpers der Nutzer. Die Benutzer werden aufgefordert, die Lage von Pulspunkten, die sie am eigenen Körper finden sollen, auf einen „Pulsman“ auf dem Bildschirm zu projizieren. Unter der Voraussetzung, dass diese Projektionen zutreffend sind, reagiert der „Pulsman“ mit einer Darstellung der Gefäße, die in der Gegend der jeweiligen Pulspunkte liegen. Umgekehrt können die Benutzer das Programm instruieren, Arterien und Pulspunkte zu zeigen, sie können diese Informationen dann am eigenen Körper überprüfen und bestätigen. Schritt für Schritt können sich die Nutzer so konzeptionelles und praktisches Wissen über das arterielle System erarbeiten. Das Lernobjekt wurde mit einer Gruppe von 41 Studierenden erprobt und im Vergleich zu klassischen Textmedien zum selben Thema, die von weiteren 41 Studierenden zum Lernen verwendet wurden, evaluiert. In Bezug auf die Vermittlung theoretischen Wissens erwies sich das Lernobjekt gegenüber dem Textmedien als leicht überlegen, deutlich überlegen war es in der Vermittlung der praktischen Fähigkeit des Pulsetastens.

### Abstract

Knowledge of the main arterial trunks and the ability to locate and palpate their various pulses is one of the central goals of the preclinical medical curriculum. We introduce a computer based anatomical training programme, „Pulsman“, with interactive and explorable surfaces that help students to acquire this important knowledge. This programme relies on mutual information transfer between users and computer: students are asked to explore their own bodies for the location of pulsating blood vessels. They can then project this information onto an interactive „Pulsman“ on the computer-screen, and, provided that they have found the right spots, the computer reacts with a depiction and naming of the arteries relating to that particular pulse-point. Inversely, the users may instruct the computer to show the location of pulses and then locate them on their own body. Step by step, users can thus acquire conceptual and practical knowledge about the arterial system. In order to evaluate the program, we recruited 41 students to use „Pulsman“ for training and learning. Another group of 41 students, for comparison, used classical textbooks to study the same topics. Learning efficacy of the different media was measured between the two groups. As far as the acquisition of theoretical knowledge was concerned, the programme proved to be slightly more effective than textbooks, it was, however, much more effective with respect to the training of practical skills, i. e. the palpation of pulses.

#### Institutsangaben

Dr. Senckenbergische Anatomie (Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. H.-W. Korf), Fachbereich Medizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt/Main

#### Danksagung

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung, FKZ: 08 NM 087B. Wir danken Herrn Prof. Dr. Deppe und Herrn Dr. Drolshagen für die kritische Durchsicht des Manuskripts

#### Korrespondenzadresse

PD Dr. Helmut Wicht · Klinikum der Johann Wolfgang Goethe-Universität · Dr. Senckenbergische Anatomie · Theodor-Stern-Kai 7 · 60590 Frankfurt/Main · E-mail: wicht@em.uni-frankfurt.de

#### Bibliografie

Med Ausbild 2004; 21: 4–9 © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York  
ISSN 0176-4772

## Schlüsselwörter

Computerbasierte Lernprogramme · Anatomie · Interaktion · Exploration · Evaluation

## Key words

Computer-based training · anatomy · interaction · exploration · evaluation

## Einleitung

Die Anatomie ist das körperbezogenste und anschaulichste Fach der vorklinischen Medizin, die Integration klassischer anatomischer Lerninhalte mit klinischen und vor allem praktischen Fähigkeiten lässt sich allerdings durchaus verbessern. Die Verknüpfung der praktischen Fähigkeiten mit den theoretisch-vorklinischen Inhalten ist darüber hinaus eine der zentralen Anforderungen der neuen Approbationsordnung [1].

Angelehnt an das didaktische Konzept von Lippert [2,3] haben wir versucht, Theorie und Praxis durch Selbsterkundung zu verknüpfen und haben hierzu ein computerbasiertes, interaktives und explorierbares Lernobjekt (den „Pulsmann“) entwickelt, das wir im folgenden Beitrag vorstellen möchten. Es ist Teil eines größeren Projektes und kann unter [www.fanatonic.de](http://www.fanatonic.de) im Internet abgerufen werden.

## Auswahl und Zusammensetzung der Testgruppe

Als Testgruppe wurden Studierende der Human- und Zahnmedizin des ersten Semesters an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt/Main (WS 2002/03) herangezogen, die zu diesem Zeitpunkt die Vorlesung Anatomie I besuchten und den dazugehörigen Präparierkursus unter Anleitung der Autoren absolvierten. Die Testgruppe (mittleres Alter: 21,6 Jahre) bestand aus 82 Personen. 69% waren weiblich (Gesamtanteil der Frauen in diesem Semester: 64%), 77% der Teilnehmer waren Humanmediziner (deren Gesamtanteil im Semester: 76%). Nach dem Zufallsprinzip wurden zwei gleich große Gruppen gebildet, die sich hinsichtlich ihrer soziologischen Daten nicht unterschieden. Einer Gruppe wurde das Lernobjekt, der anderen wurden klassische Lehrbuchtexte zur Evaluation vorgelegt (s. u.).

## Vorstellung des Lernobjektes „Pulsmann“ (Abb. 1)

Das Objekt hat zum Ziel, die namentliche und topographische Kenntnis der großen arteriellen Stämme des menschlichen Organismus zu lehren. Die Studierenden sollen die Lage sämtlicher Pulspunkte kennen lernen und die dort fühlbaren Pulse tastend erkunden.

Die didaktische Grundidee ist die der Interaktion und Exploration. Eine der aktiven Oberflächen, die erkundet werden können, stellt der Computer: einen Holzschnitt aus Vesals „De humani corporis fabrica epitome“ [4], einen anatomischen Adam darstellend (Abb. 1 a), der von uns als „Pulsmann“ programmiert wurde. Die andere explorierbare Oberfläche bringen die Nutzer selbst mit: Sie werden, wenn sie die zweite Bildschirmseite des Lernobjektes öffnen (Abb. 1 b), im Text dazu aufgefordert, an sich selbst Pulspunkte zu suchen. Haben sie einen Pulspunkt gefunden, sollen sie den entsprechenden Punkt auf den „Pulsmann“ (via Mausclick) übertragen. Ist dies geschehen, so ändert sich dessen Erscheinung. Wenn die Nutzer z. B. den Puls der Arteria

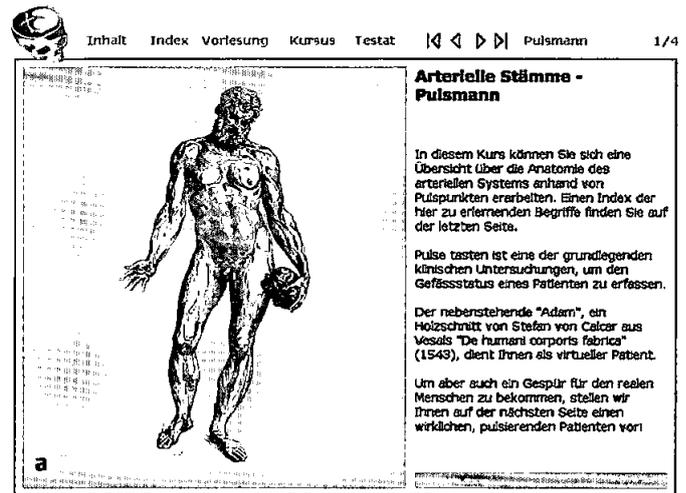
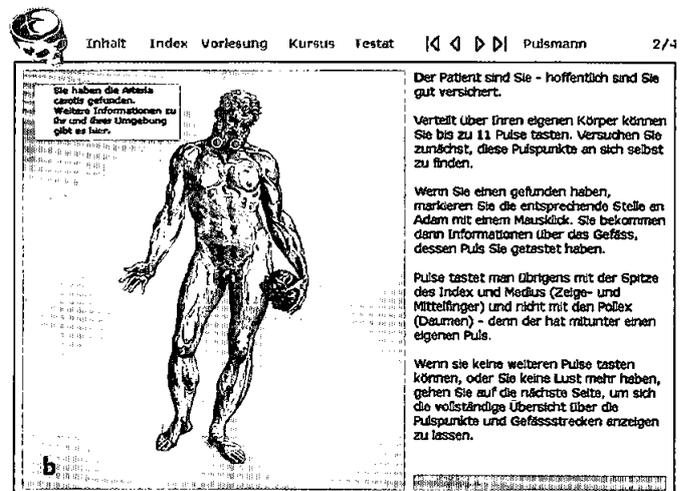
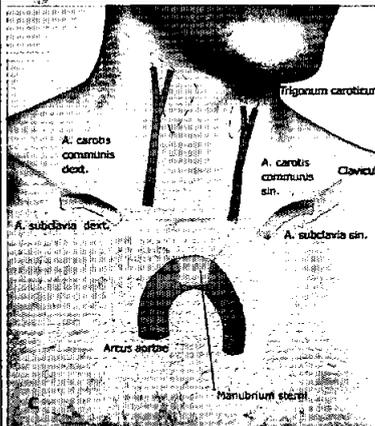


Abb. 1 Acht (a–h) Bildschirmseiten aus dem Programm. Beschreibung siehe Text. Auf dem Computerbildschirm erscheinen die einzelnen Seiten natürlich farbig und wesentlich größer; in der abgedruckten Halbtonversion sind einige Details deshalb nicht leicht zu erkennen.



carotis getastet und am „Pulsmann“ markiert haben, wird nicht nur dieser Pulspunkt, sondern der umgebende Abschnitt der arteriellen Stämme, in dem dieser Puls liegt, beidseitig eingeblendet – im Falle des Karotispulses werden so die Arteria carotis communis und ein Abschnitt der Arteria subclavia gezeigt (vgl. Abb. 1 a u. b). Außerdem erscheint auf dem Bildschirm eine Schaltfläche (Abb. 1 b, links oben), deren Anwahl ein weiteres Fenster öffnet (Abb. 1 c), das vertiefende Informationen zur Arteria carotis und ihrer Umgebung enthält. Insgesamt gibt es elf solcher Fenster, ihre Zahl entspricht also der aller tastbaren Pulspunkte. Sie zeigen Fotos der entsprechenden Körperregionen, die arteriellen Stämme sind als transparente Strukturen eingezeichnet. Die Oberflächen dieser Fotos sind ihrerseits interaktiv. Der neben ihnen stehende Text erläutert nicht nur die sichtbaren

Inhalt Index Vorlesung Kursus Testat < > Pulsmann 2/4



Sie haben den Puls der Carotiden getestet, dort (im Trigonum caroticum), wo sich die A. carotis communis in zwei Äste aufteilt.

Weiter proximal am Hals ist der Puls nicht fühlbar, weil die Carotiden dort von einem Muskel überdeckt werden.

Markieren sie diesen Muskel im Bild!

Nach sehen die Arterien symmetrisch aus, aber nur, solange man - wie jetzt - ihre Ursprünge aus dem Arcus aortae nicht sieht.

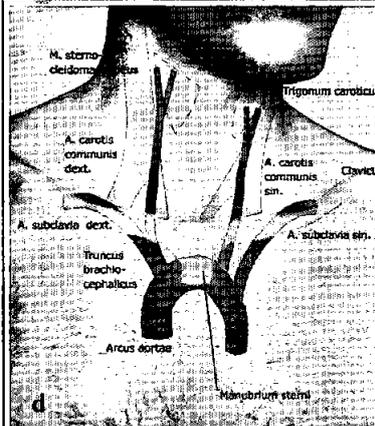
Rechts (aus Patientensicht) gehen die A. subclavia und die A. carotis communis aus dem Kopf-Arm-Stamm, dem Truncus brachiocephalicus, hervor.

Finden Sie ihn per Mausclick!

Links hingegen gehen die A. carotis communis und die A. subclavia direkt aus dem Arcus aortae hervor.

Schliessen Sie die Lücken per Mausclick!

Inhalt Index Vorlesung Kursus Testat < > Pulsmann 2/4



Sie haben den Puls der Carotiden getestet, dort (im Trigonum caroticum), wo sich die A. carotis communis in zwei Äste aufteilt.

Weiter proximal am Hals ist der Puls nicht fühlbar, weil die Carotiden dort von einem Muskel überdeckt werden.

Markieren sie diesen Muskel im Bild!

Nach sehen die Arterien symmetrisch aus, aber nur, solange man - wie jetzt - ihre Ursprünge aus dem Arcus aortae nicht sieht.

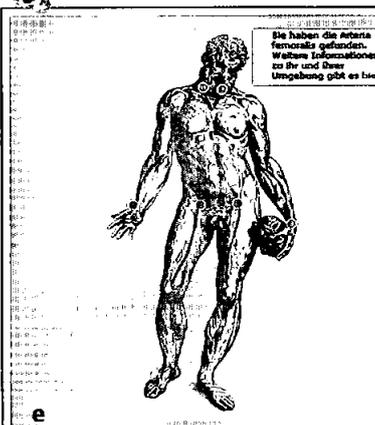
Rechts (aus Patientensicht) gehen die A. subclavia und die A. carotis communis aus dem Kopf-Arm-Stamm, dem Truncus brachiocephalicus, hervor.

Finden Sie ihn per Mausclick!

Links hingegen gehen die A. carotis communis und die A. subclavia direkt aus dem Arcus aortae hervor.

Schliessen Sie die Lücken per Mausclick!

Inhalt Index Vorlesung Kursus Testat < > Pulsmann 2/4



Der Patient sind Sie - hoffentlich sind Sie gut versichert.

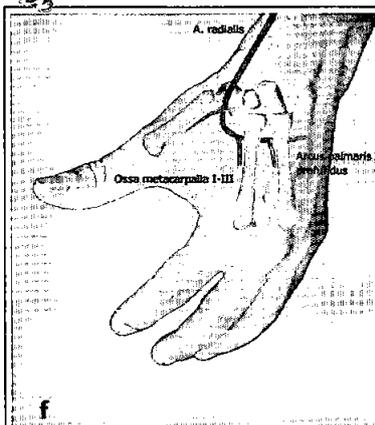
Verteilt über Ihren eigenen Körper können Sie bis zu 11 Pulsa tasten. Versuchen Sie zunächst, diese Pulsunkte an sich selbst zu finden.

Wenn Sie einen gefunden haben, markieren Sie die entsprechende Stelle an Adam mit einem Mausclick. Sie bekommen dann Informationen über das Gefäß, dessen Puls Sie getestet haben.

Pulse tastet man übrigens mit der Spitze des Index und Medius (Zeige- und Mittelfinger) und nicht mit den Pollex (Daumen) - denn der hat mitunter einen eigenen Puls.

Wenn sie keine weiteren Pulse tasten können, oder Sie keine Lust mehr haben, gehen Sie auf die nächste Seite, um sich die vollständige Übersicht über die Pulsunkte und Gefäßstrecken anzeigen zu lassen.

Inhalt Index Vorlesung Kursus Testat < > Pulsmann 2/4



Der Puls der A. radialis ist auch in einem kleinen Grübchen an der Basis des Os metacarpale pollicis tastbar, es ist besonders gut bei stark abduziertem Daumen sichtbar. Der Puls ist dort nicht immer, aber oft tastbar - probieren Sie mal ob es bei Ihnen klappt.

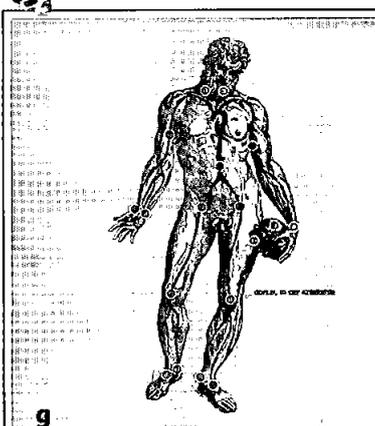
Wenn bei Ihnen das Grübchen zum Pulsasten unbrauchbar sein sollte, dann können Sie es immer noch zum Tabaktschuppen benutzen. Es heißt deshalb (kein Scherz!) Tabatiere anatomique, die anatomische Schmaguffab-Dose. Sie wird von den Sehnen der Mm. extensor pollicis longus und extensor pollicis brevis begrenzt.

Markieren Sie die Tabatiere anatomique bitte mit einem Mausclick!

Der klassische Pulsunkt der A. radialis liegt aber auf der palmaren (Handflächen-) Seite des Handgelenks.

Informationen zum klassischen Radialis-Pulsunkt finden Sie bei Adams rechtem Radialis-Pulsunkt.

Inhalt Index Vorlesung Kursus Testat < > Pulsmann 3/4



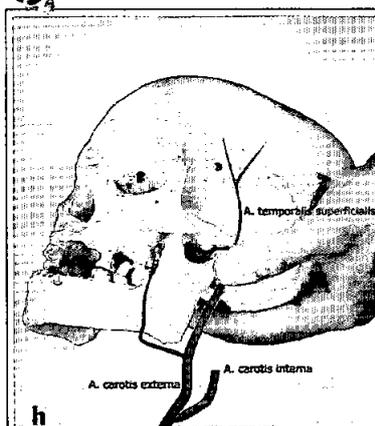
Dies sind alle Pulsunkte - sind Sie gut durchblutet?

Wie auf der vorherigen Seite können Sie die weiteren Informationen durch einen Klick auf die Pulsunkte abrufen.

Haben Sie alle Pulsunkte gefunden, sind Sie nun in der Lage, einen Teil der allgemeinen körperlichen Untersuchung auszuführen. Sie können nun den Gefäßstatus eines Patienten erheben.

Haben Sie all diese orangefarbenen Pulsunkte und die hinter ihnen verborgenen Pop-up-Fenster durchgearbeitet? Wenn ja, dann sollten Ihnen die auf der folgenden Seite aufgelisteten Begriffe bekannt vorkommen.

Inhalt Index Vorlesung Kursus Testat < > Pulsmann 2/4



Die A. temporalis superficialis ist einer der (vielen) Äste der A. carotis externa, die das Gesicht und die Kopfhaut versorgen. Die A. carotis externa (im Bild abgeschnitten) versorgt das Gehirn.

Der Puls der A. temporalis superficialis ist entlang ihres gesamten Verlaufes an der Schläfe über dem Jochbogen gut zu tasten.

Verletzungen der Kopfschwarte, die zum großen Teil von der Arteria temporalis superficialis versorgt wird, bluten sehr stark.

Was würden Sie bei einer solchen Verletzung tun?

- die A. carotis communis abdrücken
- in Ohrspeck fallen
- auf die Blutgerinnung warten
- einen Kompressionsverband anlegen und die Wunde nähen lassen

anatomischen Details, sondern er fordert die Nutzer auch dazu auf, bestimmte Strukturen per Mausclick zu identifizieren oder das Bild zu komplettieren (vgl. Abb. 1 c und d), oder eine Multiple-Choice-Frage zum jeweiligen Gegenstand zu beantworten. Wenn die Nutzer dieses Fenster schließen, kehren sie zum „Pulsmann“ zurück. Sie finden ihn in dem Zustand vor, in dem sie ihn verlassen (Abb. 1 b), d.h. diejenigen Pulsunkte und diejenigen Abschnitte des arteriellen Systems, die sie sich schon erarbeitet

hatten, bleiben eingblendet. Sukzessive und Puls für Puls können die Nutzer so die arteriellen Stämme komplettieren. Da die Anfänger im Allgemeinen nur drei oder vier Pulsunkte kennen, bleiben meist große Lücken im Gefäßbaum (Abb. 1 e). Sind die Nutzer an diesem Punkt angelangt, können sie sich auf der nächsten Bildschirmseite den kompletten „Pulsmann“ mit allen arteriellen Stämmen (Abb. 1 g) zeigen lassen. Auch hier sind wieder alle Pulsunkte mit Schaltern verknüpft, die zu den Fenstern

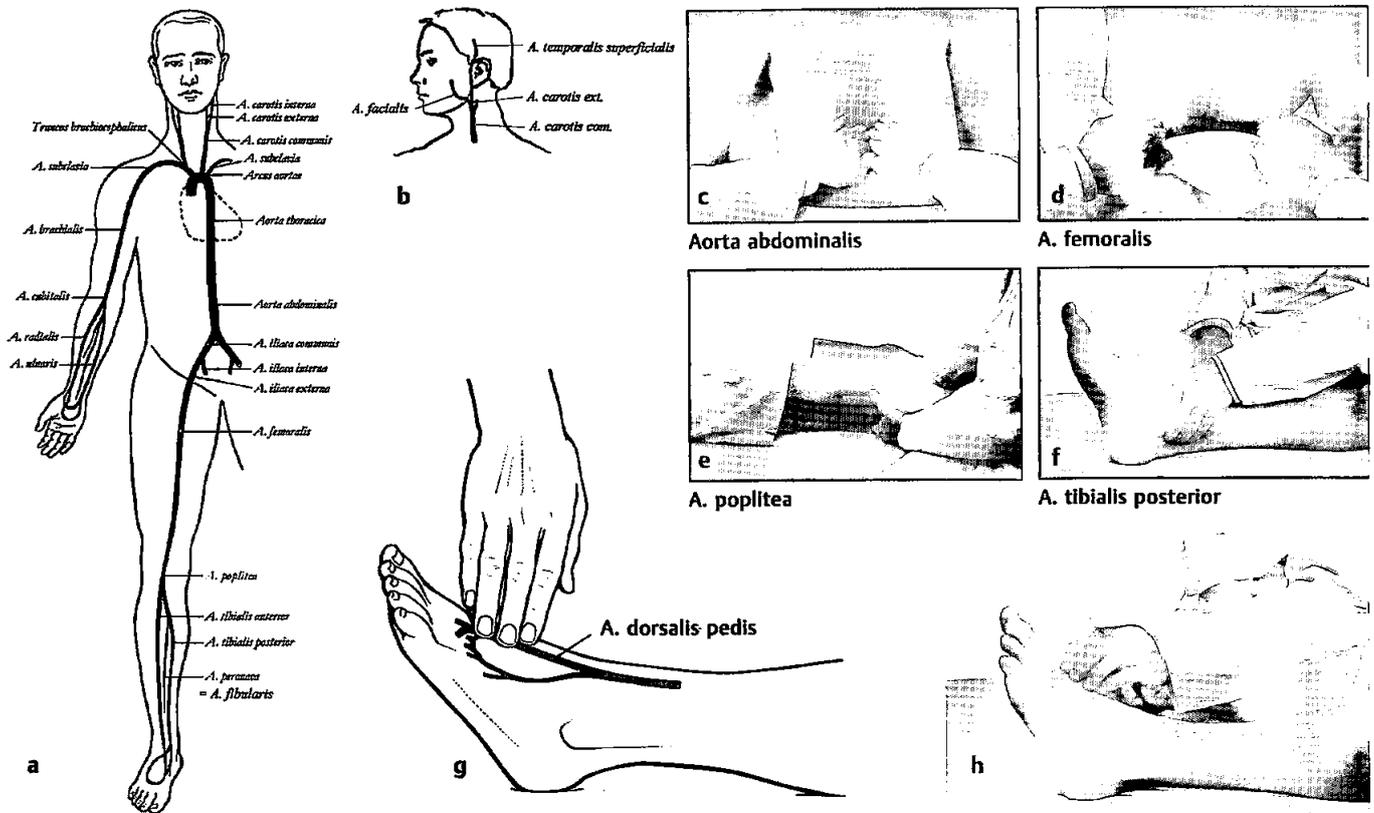


Abb. 2 Teile des Bildmaterials, das der „Lerntext-Gruppe“ vorlag. Die Strichzeichnung links oben (a) stammt, leicht modifiziert (die im Original vorhandenen Aa. intercostales und lumbales wurden weggelassen) aus Waldeyer-Mayet [5]. Die entsprechenden Textpassagen wurden ausgelassen. Die Seitenansicht des Kopfes mit den Arterien des Gesichtes (b) wurde zusätzlich in den entsprechend erweiterten Waldeyer-Mayetschen Lehrbuchtext eingefügt. Die übrigen (c–h) Abbildungen stammen unverändert aus Fießl und Middeke [6].

mit den Fotografien der Regionen führen. In den Abb. 1f und h sind z. B. diejenigen Fenster dargestellt, die sich bei Anwahl der Pulspunkte des Radialis-Pulses in der Tabatière anatomique und der Arteria temporalis superficialis öffnen.

Zur vollständigen Durcharbeitung dieses Lernobjektes werden typischerweise etwa 30 bis 40 Minuten benötigt.

### Text- und Bildmaterial zur vergleichenden Evaluation

Die bebilderten Texte, die im Rahmen der vergleichenden Evaluation verwendet wurden, stammen aus Waldeyer-Mayet ([5]; S. 142–144) und aus Fießl und Middeke ([6]; S. 169–170 und 324–326). Bei Waldeyer-Mayet handelt es sich um einen etwa einseitigen Abschnitt aus einem klassischen Anatomielehrbuch, eine Abbildung, die der unseres „kompletten Pulsmanne“ ähnlich ist, begleitet den Text (Abb. 2a). Es wurde darauf geachtet, dass die Gefäße, die in dem Lehrbuchtext vorgestellt werden, auch im „Pulsmann“ abgehandelt werden, zu diesem Zweck wurden der Text und die Abbildung (Abb. 2a) aus [5] leicht modifiziert und um eine Abbildung der Arterien des Gesichtes erweitert (Abb. 2b). Bei Fießl u. Middeke [6] handelt es sich um ein Lehrbuch der klinischen Untersuchungsmethoden, der daraus ausgewählte fünfseitige Text beschäftigt sich mit der Palpation sämtlicher Pulspunkte, er ist mit zahlreichen Schemazeichnungen und Fotografien (Abb. 2c–h), die denen in unseren Fotofenstern ähneln, ausgestattet. Auch dieser Text betont die Wichtig-

keit des praktischen Übens: „Am besten üben Anfänger die Palpation gegenseitig untereinander“ (S. 324). Das Durcharbeiten der beiden Texte erforderte etwa 40 Minuten.

### Modus der Evaluation

Vor der Evaluation war das Lernobjekt „Pulsmann“ noch nicht im Internet veröffentlicht und somit beiden Testgruppen unbekannt. Die eine Gruppe („Pulsmann-Gruppe“) wurde gebeten, sich an den PCs des Computerpools der Dr. Senckenbergischen Anatomie in Frankfurt mit dem „Pulsmann“ zu beschäftigen, dafür wurden ihr etwa 50 Minuten eingeräumt. Die andere Gruppe („Lerntext-Gruppe“) wurde darum gebeten, sich über einen gleichen Zeitraum mit den Lehrbuchauszügen auseinander zu setzen. Die Studierenden beider Gruppen arbeiteten zu zweit mit dem jeweiligen Medium. Beide Gruppen wurden zu Beginn der Evaluation mündlich und schriftlich über den Ablauf aufgeklärt: Die Lernziele (Pulsetasten und Arterienstämme) wurden nochmals hervorgehoben und es wurde darauf hingewiesen, dass am Ende der Veranstaltung eine anonyme Klausur abzulegen und ein ebenfalls anonymes Evaluationsbogen auszufüllen sei. Im direkten Anschluss an das Training schrieben beide Gruppen die gleiche Klausur (4 Multiple-Choice-Fragen und 16 freie Fragen, auf die mit einem einzelnen anatomischen Begriff zu antworten war). Danach wurde bei allen Teilnehmern noch eine Befragung zu ihrer Einschätzung des jeweiligen Lehrmediums durchgeführt und eine Reihe von soziologischen Daten (s. o.) abgefragt.

Originalarbeit

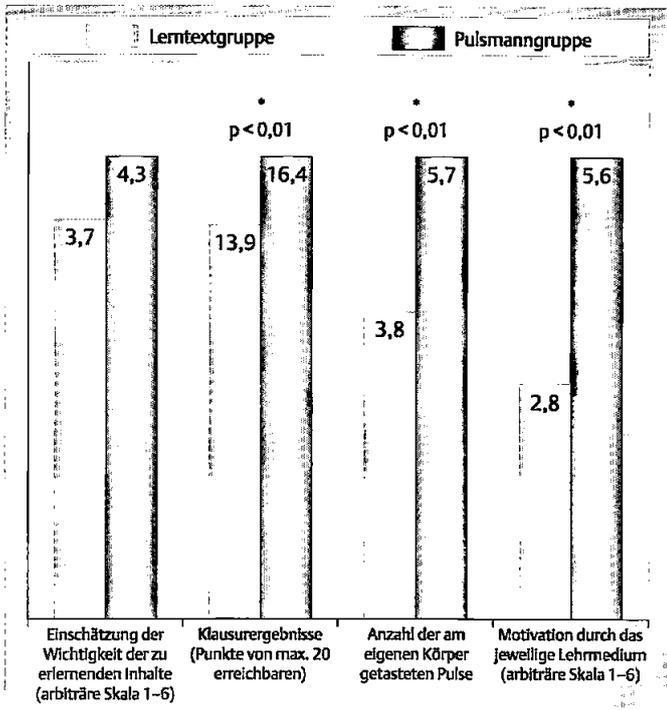


Abb. 3 Darstellung einiger Evaluationsergebnisse als Balkendiagramm. Aufgetragen sind die Mittelwerte, deren Zahlenwerte in den Balken angegeben, die Einheiten unter den jeweiligen Wertepaaren. Um die Wertepaare in einem einzigen Diagramm abbilden zu können, wurde eine prozentuale Skalierung der y-Achse gewählt, der höchste Wert eines Wertepaares wurde an 100% gesetzt. Die Signifikanz der Unterschiede wurde mit Students t-Test überprüft. Wertepaare, die mit einem Stern markiert sind, weisen hoch signifikante ( $p < 0,01$ ) Unterschiede ihrer Mittelwerte auf.

### Evaluationsergebnisse (Abb. 3)

Signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen ergaben sich im Lernerfolg, bemessen an den Klausurergebnissen, und in der Anzahl der Pulse, die die Studierenden im Verlaufe des Lernens an sich selbst ertasteten. Unterschiede in der Motivation durch das jeweilige Lehrmedium wurden in der Befragung ebenfalls deutlich. Die Wichtigkeit der Kenntnis der arteriellen Stämme und der Beherrschung der Methode der Puls palpation wurde von beiden Gruppen nach dem Durcharbeiten der jeweiligen Lehrmedien ebenfalls unterschiedlich eingeschätzt, diese Unterschiede waren aber nicht signifikant.

### Diskussion

Wichtigkeit und klinische Relevanz der Lerninhalte wurden von beiden Gruppen relativ hoch eingeschätzt – die Unterschiede im Lernerfolg und in der Motivation beider Gruppen sind also nicht auf unterschiedliche Einstellungen gegenüber den Inhalten zurückzuführen, sondern haben ihre Ursache vermutlich in deren unterschiedlicher Darbietung.

Wie schon in anderen Studien beobachtet [7], schnitten die Computer-Lernenden im direkten Klausurvergleich des theoretischen Wissens besser ab als die Verwender klassischer Medien. Allerdings sollte man bei diesen Vergleichen berücksichtigen, dass

die Klausuren im Allgemeinen (so auch in unserem und im zitierten Fall) von den Autoren der digitalen Lernobjekte erstellt wurden. Natürlich haben wir peinlich genau darauf geachtet, dass die in der Klausur abgefragten Inhalte sowohl in den Lerntexten als auch im „Pulsman“ abgehandelt wurden. Trotzdem ist es natürlich nicht auszuschließen, dass der Klausur unwillkürlich eine Tendenz zur Bevorteilung der „Pulsman-Gruppe“ gegeben wurde. Dieses Problem ist nur durch sehr aufwändigen Studienaufbau (Computer-Autor versus Lehrbuchautor, die jedoch die Klausur gemeinsam konzipieren) zu umgehen.

Sowohl in den Lehrbuchtexten als auch im „Pulsman“ wurde explizit auf die Bedeutung des Pulsetastens für die praktische ärztliche Tätigkeit hingewiesen und es wurde im Text und im Computerprogramm wiederholt dazu aufgefordert, dies am eigenen Körper zu erproben. Es erscheint uns deshalb bemerkenswert, dass dieses Lernziel, nämlich die Exploration des eigenen Körpers und die Interaktion mit ihm, mit dem interaktiven und explorierbaren Lernobjekt wesentlich leichter zu erreichen war als mit dem klassischen Medium. In den Zweiergruppen, die am Computer arbeiteten, waren relativ häufig Studierende zu beobachten, die sich – um an die abgelegeneren Puls punkte zu gelangen – Hemd und Schuhe auszogen; in der „Lerntext-Gruppe“ war dieses Engagement wesentlich seltener. Das zeigt sich auch in den Ergebnissen der Evaluation. Auf die Frage „Wie viele Pulse haben Sie am eigenen Körper getastet?“ erhielten wir in der „Pulsman-Gruppe“ signifikant höhere Zahlenwerte als in der „Lerntext-Gruppe“. Das Ergebnis der Überprüfung dieses praktischen Wissens sollte außerdem von dem oben erwähnten „Autorenproblem“ der Klausur frei sein. Möglicherweise beruht der insgesamt verbesserte Lernerfolg auf der weiter reichenden „Verarbeitungstiefe“ [8], die den Nutzern des Computers abverlangt wird. Sie müssen, um überhaupt an die Lerninhalte zu gelangen, in Aktion treten: in Form der Exploration sowohl des Computers als auch des eigenen Körpers. Exploration und Interaktion sind zentrale Elemente der Didaktik multimedialer Lernsysteme [9]. Allerdings nimmt mit ihnen auch die Zeit zu, die man benötigt, um solche Lernobjekte durchzuarbeiten. Dennoch ist es uns gelungen, die Bearbeitungszeit in einem akzeptablen Rahmen zu halten. Eine knappe Stunde gilt als der maximale Zeitaufwand, der Computer-Lernenden bei der Bearbeitung eines Lernobjektes zumutbar ist, da die Aufmerksamkeitsspanne am Bildschirm gegenüber der Buchlektüre verringert ist [10]. Es mag daher hilfreich sein, dass die Gestaltung des „Pulsman“ die Aufmerksamkeit immer wieder weg vom ermüdenden Bildschirm hin zur eigentlichen Benutzeroberfläche, nämlich den Körpern der Nutzer, lenkt. Auch die Darstellung ein- und desselben Sachverhaltes in verschiedenen Kontexten – abstrakte Darstellung der Gefäßstrecken auf dem „Pulsman“, realistische Abbildungen in den Fotofenstern, überraschendes Auftauchen von Gefäßen an „unerwarteten“ (Schädel-)Orten – trägt zur intensiveren Auseinandersetzung mit den Inhalten bei. Außerdem führt das Lernobjekt den Nutzern ihren Lernfortschritt – aber auch die Lücken, die sie noch zu schließen haben – unmittelbar vor Auge, indem sich der „Pulsman“ sukzessive komplettiert und indem er da, wo die Lernenden Wissenslücken haben, Lücken aufweist. Das digitale Lernobjekt fordert von den Benutzern also mehr; es bietet aber auch mehr, was sich sicher auch in der Motivationslage der Computernutzer äußert, die sich, wie die Evaluation zeigte, durchweg motivierter fühlten als die „Lerntext-Gruppe“.

## Literatur

- <sup>1</sup> §2, Absatz 2, ÄAppO, Bundesgesetzblatt 2002 Teil I, Nr. 44 vom 3. Juli 2002, S. 2406
- <sup>2</sup> Lippert H. Anatomie am Lebenden. Berlin: Springer, 1989: 384
- <sup>3</sup> Lippert H. Lehrbuch Anatomie. München: Urban & Schwarzenberg, 1993; 3. Aufl.: 850
- <sup>4</sup> Vesal A. Andreae Vesalii Bruxellensis suorum de humani corporis fabrica librorum epitome. Basilea: ex officina Joannis Oporini, MDXLIII: Folium K, verso. (Nachdruck der Tafeln. Paris: Les Éditions Roger Dacosta, 1980: planche 80)
- <sup>5</sup> Waldeyer A, Mayet A. Anatomie des Menschen, Band 1. Berlin: Walter de Gruyter, 1993; 16. Aufl.: 548
- <sup>6</sup> Fießl H, Middeke M. Anamnese und klinische Untersuchung. Stuttgart: Hippokrates, 1998: 552
- <sup>7</sup> Leisenberg G, Mehrabi A, Zachariou Z, Zumbach J, Reimann P, Büchler MW, Kallinowski F. Evaluation eines interaktiven multimedialen Lernmoduls in der kinderchirurgischen Ausbildung. Med Ausbild 2002; 19: 3–8
- <sup>8</sup> Spitzer M. Lernen, Gehirnforschung und die Schule des Lebens. Heidelberg: Spektrum, 2002: 511
- <sup>9</sup> Unz D. Didaktisches Design für Lernprogramme in der wissenschaftlichen Weiterbildung. In: Scheuermann F, Schwab F, Augstein H (Hrsg): Studieren und Weiterbilden mit Multimedia. Nürnberg: Bildung & Wissenschaft, 1998: 308–334
- <sup>10</sup> Weite F, Stüß C, Kammerl R (Hrsg). Didaktische Strukturierung von Online-Inhalten IFIS-reports 2002, <http://daisy.fmi.uni-passau.de/db/literatur?key=w02> (Stand: April 2003)