



Universität Ulm | 89069 Ulm | Germany

**Fakultät für
Ingenieurwissenschaften
und Informatik**
Institut Psychologie und
Pädagogik
Abteilung für Lehr-Lern-
forschung

Interaktion und Feedback in Videos unter Nutzung von HTML5

Bachelorarbeit an der Universität Ulm

Vorgelegt von:

Daniel Bitsch

Matrikelnummer: 703137

daniel.bitsch@uni-ulm.de

Gutachterin:

Prof. Dr. Tina Seufert

Betreuer:

Fabian Krapp M.Sc.

Abgabedatum:

26. August 2013

Sommersemester 2013

Zusammenfassung

Kommt das Medium Video innerhalb von Lernumgebungen zum Einsatz, muss berücksichtigt werden, dass der Lernende eine Konsumentenrolle einnimmt. Um diesen Zustand zu vermeiden, müssen Erweiterungen innerhalb und um das Video herum angeboten werden. Eine Form der Erweiterung kann die Anreicherung des Videos mittels Interaktion und Feedback sein. In der vorliegenden Arbeit wird geprüft, inwieweit die Faktoren Interaktion und Feedback Einfluss auf die Lernleistung und die kognitive Belastung haben. Anhand der hierzu eigens entwickelten Lernumgebung wurde ein Mindestmaß an Interaktion und Feedback implementiert. Im theoretischen Teil dieser Arbeit wird der Zusammenhang zwischen Interaktion/ Feedback und der kognitiven Belastung aufgezeigt, ebenso werden verschiedene Klassifizierungen von Interaktion und Feedback definiert. In der experimentellen Untersuchung hatten die Probanden die Möglichkeit, anhand zweier unterschiedlicher Lernumgebungen grundlegendes Wissen über einen Sextanten zu erlernen. Mittels eines Nachtests und einer subjektiven Messung der kognitiven Belastung wurde ermittelt, ob die Höhe der Interaktion und des Feedbacks eine signifikante Verbesserung gegenüber einer normalen Präsentation eines Videos aufweist. Nach Auswertung der Daten wurde festgestellt, dass sich kein signifikanter Unterschied zwischen der Kontrollgruppe und der Experimentalgruppe bezüglich der Lernleistung ergeben hat. Im abschließenden Diskussionsteil wird erörtert, welche Gründe für das Ausbleiben eines Effekts vorgelegen haben könnten.

Abstract

If the medium video comes within learning environments for use it must be considered that the learner takes a consumer's role. To avoid this state enlargements within and round the video must be offered. A form of the enlargements can be the enrichment of the video by means of interaction and feedback. In the present work it is checked to what extent the factors have interaction and feedback influence on the learning performance and the cognitive load. With the help of the specially developed learning environment, a minimum was implemented in interaction and feedback. In the theoretical part of this work the connection is indicated between interaction/ feedback and the cognitive load, also different classifications are defined by interaction and feedback. In the experimental study the test persons had the possibility to learn, with the help of two different learning surroundings, basic knowledge about a sextant. By means of a posttest and a subjective measurement of the cognitive load it was determined whether the height of the interaction and the feedback shows a significant improvement compared with a normal presentation of a video. After evaluation of the data it was ascertained which no significant difference has arisen between the control group and the experimental group about the learning performance. In the final discussion part it is discussed which reasons have presented, why an effect has been missing.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Theoretische Grundlagen	6
2.1	Cognitiv Load Theory (CTL)	7
2.2	Kognitive Theorie multimedialen Lernens (CTML)	10
2.3	Interaktion und Feedback	12
3	Fragestellung und Hypothesen	17
4	Methode	19
4.1	Stichprobe	19
4.2	Design	20
4.3	Material	21
4.4	Durchführung	34
5	Ergebnisse	35
6	Diskussion	37
	Literaturverzeichnis	43
A	Anhang	45
A.1	Storyboard Video - Der Sextant	45
A.2	Kapitel Zusammenfassungen - Kontrollgruppe	56
A.3	Fragen und Zusammenfassungen - Experimentaltgruppe	58
A.4	Schriftlicher Nachtest	63
A.5	Allgemeiner Fragebogen	71
A.6	Fragebogen zur kognitiven Belastung	74
A.7	Fragebogen zu GUI-Elementen	77
A.8	Fragebogen zur räumlichen Fähigkeit	81
A.9	Inhaltsverzeichnis CD	86

1 Einleitung

Im Zeitalter des lebenslangen Lernens wird es immer wichtiger, Lernwilligen strukturierte Möglichkeiten der Fortbildung sowie adäquates Lernmaterial anzubieten. Hierbei sollten vor allem neue Wege gegangen werden, außerhalb der klassischen Wissensvermittlung, um Präsenzunterricht an Institutionen wie Universitäten und Hochschulen sinnvoll zu ergänzen (*blended learning*) oder zu ersetzen (Virtuelle Lehre). Hier bietet das Internet großes Potenzial, um selbstbestimmtes Lernen zu ermöglichen. Durch seine Beschaffenheit und Struktur hält es Informationen überall und jederzeit zum Abrufen bereit. Digitale Inhalte können leichter veröffentlicht, archiviert und auf aktuellem Stand gehalten werden als bei den klassischen Medien Buch und Film. Zusätzlich zeichnet sich das *Web Based Training* (WBT) durch drei Aspekte aus, der Multimedialität, Interaktivität und Adaptivität (Petko & Reusser, 2005). Diese drei Aspekte, ergänzt um die Möglichkeiten von neuen Technologien wie der höheren Bandbreite der digitalen Kommunikationskanäle und der stetig wachsenden Verbreitung von *smart devices*, rückt das WBT immer stärker in den Fokus, um selbstbestimmtes und intentionales Lernen zu unterstützen und zu fördern (Dittler, 2011).

Das Medium Film ist ein möglicher Baustein, da er sowohl den visuellen als auch den auditiven Kanal gleichermaßen bedient, was nach Mayer (2005) eine erhöhte Informationsaufnahme nach sich ziehen kann. Jedoch sind auch negative Auswirkungen auf den Lernenden bei erhöhter Informationsdichte zu beobachten (Betrancourt, 2005), daher sind Interaktionstools und Feedback wichtig, damit der Lernende sein eigenes Tempo bestimmen und eigene Lernstrategien entwickeln kann. Ein weiteres Problem, welches das Medium in sich birgt, ist, den Lernenden in eine Konsumentenrolle verfallen zu lassen, womit es nur bedingt den Zweck als Lernmaterial erfüllt (Niegemann et al., 2008). Dennoch hat die Studie von Merkt, Weigand, Heier und Schwan (2011) gezeigt, dass durch die Anreicherung mit Interaktionsmöglichkeiten Bewegtbildmaterial gleichwertig mit einem Lehrbuch anzusehen ist. Wie aber kann innerhalb des gleichen Mediums, in diesem Falle Video, eine Verbesserung erzielt werden, hinsichtlich der Lernleistung und der damit verbundenen kognitiven Belastung? Interaktion und Feedback bieten hier eine Möglichkeit, wobei im Hinblick auf Produktionskosten der Grad an Komplexität von Interaktion und Feedback beachtet werden muss, um mit einfachen didaktischen Mitteln bestehende Aufzeichnungen erweitern zu können.

In dieser Studie soll mit Hilfe eines einfachen Feedbacks in Form einer Lernkontrollleiste und der dadurch notwendigen Interaktion anhand von Lernaufgaben geprüft werden, ob hierzu eine Veränderung der kognitiven Belastung stattfindet, und inwieweit sich daraus resultierend eine Erhöhung der Lernleistung ergibt.

Im weiteren Verlauf werden die Modelle der kognitiven Belastung von Sweller, Van Merriënboer und Paas (1998) und dem damit konsistenten Modell von Mayer (2005) vorgestellt, sowie verschiedene Klassifizierungen in Bezug auf Interaktivität und Feedback.

2 Theoretische Grundlagen

Geht es um die Kozeptionierung und Entwicklung von multimedialen Lernumgebungen, bieten zahlreiche Theorien und Modelle Hilfestellung, um eine nachhaltige Umgebung zu konzipieren und konstruieren. Die grundlegenden Lerntheorien bei der Entwicklung von multimedialen Lernumgebungen sind zum einen der Behaviorismus, der Kognitivismus und der Konstruktivismus. Zwar wurde der Behaviorismus Anfang der 1970er Jahre weitestgehend vom Kognitivismus als vorherrschendes Lernmodell abgelöst, hatte aber in den 1960er Jahren nochmal eine Hochblüte mit dem Aufkommen der Computertechnik und den daraus resultierenden linearen Lernprogrammen (Seufert, Leutner & Brünken, 2004). So sind auch heute noch einige Ansätze des Behaviorismus in Lernprogrammen vertreten. Mit dem Einzug des Kognitivismus als vorherrschende Lerntheorie rückte immer mehr die Erforschung der nicht unmittelbar erfassbaren Wissensverarbeitung des Lernenden in den Vordergrund. Hier stellt sich die Frage, nach welchen Kriterien eine multimediale Lernumgebung optimiert werden kann, um effizientes Lernen zu ermöglichen, und welche Prinzipien sich daraus ableiten lassen. Geht man dieser Fragestellung nach, sind vornehmlich die Theorie von Mayer (2005) in enger Verbindung mit der Theorie von Sweller et al. (1998) zu beachten. Aber auch Klassifizierungen zu Interaktion und Feedback sind bei multimedialen Lernumgebungen wichtige Bausteine.

Die für diese Untersuchung entwickelte Lernumgebung basiert auf den Mechanismen eines linearen tutoriellen Programms. Tutorielle Programme haben ihren historischen Ursprung in den linearen Lernprogrammen von Skinner. Sie ermöglichen dem Lernenden, in selbstbestimmtem Lerntempo Wissen zu erwerben. Sie eignen sich besonders gut, im Gegensatz zu Übungsprogrammen, um neues Wissen zu erlernen. Der Lerninhalt wird sequenziert und mit Aufgaben unterteilt, der Lernende erhält eine direkte Rückmeldung über seine Leistung (Seufert et al., 2004). Auch wenn aus heutiger lehr- und lerntheoretischer Sicht der Behaviorismus in den Hintergrund gerückt ist, spiegeln sich doch die von Skinner praktischen Anweisungen zur Entwicklung von Lernprogrammen wider. Skinner (1958, zitiert nach Niegemann et al., 2008) definierte folgende Punkte bei der Entwicklung linearer Lernprogramme:

- Exakte Definition der Lernziele
- Entwicklung eines Frage-Antwort-Schemas mit steigendem Schwierigkeitsgrad
- Aktive Teilnahme des Lernenden
- Direktes Feedback vom System, was zu Verstärkung führt
- Lernender erhält vom System die Möglichkeit, sich zu verbessern
- Lernender hat Einfluss auf das Lerntempo
- Sequenzierung des Lernmaterials

Diese Punkte schlagen sich heute noch in vielen Lernumgebungen nieder, wie Vokabeltrainer (Faktenwissen) und dem Erlernen von technischen Abläufen (prozedurales Wissen).

Bevor im einzelnen auf die theoretischen Grundlagen eingegangen wird, ist es notwendig, eine begriffliche Einordnung vorzunehmen, bzw. kurz auf das Medium einzugehen, welches in der Studie Verwendung findet. Im didaktischen Umfeld wird keine Unterscheidung zwischen Animation und Video gemacht, gerade was die semiotische und psychologische Ebene angeht. Diese Ebenen können sowohl bei Animation als auch bei Video als identisch angesehen werden (Niegemann et al., 2008). Eine Unterscheidung findet somit nur auf der technischen Ebene statt, die sich vor allem im produktionstechnischen Bereich niederschlägt (Betrancourt, 2005). Da in dieser Studie letztendlich Video nur als Container für das Bewegtbildmaterial verwendet wird, wird im weiteren Verlauf der Studie keine Unterscheidung zwischen Video und Animation gemacht, auch im Hinblick darauf, dass sich die einzelnen Modelle und Theorien namentlich auf Animation beziehen. Sollte eine Differenzierung notwendig sein, wird an gegebener Stelle darauf hingewiesen.

2.1 Cognitiv Load Theory (CTL)

Um eine verlässliche Aussage treffen zu können, inwieweit eine multimediale Lernumgebung die kognitiven Prozesse belastet, ist die Theorie der kognitiven Belastung heranzuziehen. Die ersten theoretischen Ansätze der *Cognitive Load Theorie* (CLT) wurden Ende der 1980er Jahre vom australischen Forscher John Sweller in zwei Artikeln formuliert (Moreno & Park, 2010) und in zahlreichen empirischen Studien untermauert und weiterentwickelt. Mit den Erkenntnissen aus der CLT sollen Lernprozesse optimal an die Architektur menschlicher Gedächtnissysteme und Informationsverarbeitungsprozesse angepasst werden. Im wesentlichen baut das Modell auf zwei Theorien auf (Sweller et al., 1998), zum einen auf die begrenzte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses, basierend auf den Theorien von Baddeley (1992) und Miller (1956), und zum anderen auf die Konstruktion von Schemata, mit welchen die Verarbeitung und der Erwerb von Wissen in Zusammenhang mit der Überführung ins Langzeitgedächtnis realisiert wird (Seufert et al., 2004). Die Begrenzung des Arbeitsgedächtnisses ist ein wesentlicher Faktor, weshalb es zu Störungen beim Wissenserwerb kommen kann. Aufgrund dieser Begrenzung kann es bei einer schlechten Präsentation des Lernmaterials und/ oder in Kombination mit einem komplexen Lerninhalt zu einer kognitiven Überlastung führen, was wiederum den eigentlichen Lernprozess, die Konstruktion von Schemata oder die Integration in bestehende Schemata, stört oder sogar verhindert. Im Kern der Theorie unterteilt die CLT die kognitive Belastung in folgende drei additive Bereiche ein (Sweller et al., 1998; Sweller, 2010):

Intrinsic Cognitive Load Dieser kognitive Anteil wird zum einen definiert und beeinflusst durch die *Element interactivity*, und zum anderen durch die Höhe des Vorwissens des Lernenden. Der Faktor *Element interactivity* bezieht sich auf den Grad der Vernetzung der Informationen und der aus diesem Umstand heraus ergebenden

Anzahl an Informationseinheiten, welche parallel im Arbeitsgedächtnis gehalten und verarbeitet werden müssen, um den Gesamtzusammenhang zu verstehen. Dieser Anteil lässt sich mit der Komplexität des Lernmaterials beschreiben, wobei dies nicht mit der Schwere des Lernmaterials zu verwechseln ist. Die Schwere des Lernmaterials ergibt sich individuell, basierend auf dem Vorwissen des Lernenden. Dieser Faktor kann erheblichen Schwankungen unterliegen, was eine einheitliche Gestaltung der Lernumgebung für Novizen als auch Experten nahezu unmöglich macht. Man spricht hier vom *Expertise reversal effect*. Weiterhin ist der *Intrinsic cognitive load* durch das didaktische Design der Lernumgebung nicht direkt beeinflussbar.

Extraneous Cognitive Load Dieser Anteil steht in Abhängigkeit zur didaktischen Gestaltung des Lernmaterials und sollte durch optimale Präsentation der Lerninhalte möglichst gering gehalten werden. Im Gegensatz zur *Intrinsic cognitive load* hat man durch das didaktische Design die volle Kontrolle darüber. Durch die Vermeidung von nicht lernrelevanten Dingen bei der didaktischen Gestaltung soll hier genügend Einsparpotenzial erreicht werden, um für die beiden anderen kognitiven Anteile Raum zu schaffen. Allerdings muss ein hoher *Extraneous cognitive load* nicht per se eine kognitive Überlastung herbei führen. In Kombination mit einem gering komplexen Lernmaterial muss sich schlechtes didaktisches Design nicht zwangsläufig bemerkbar machen.

Germane Cognitive Load Dieser sehr wichtige Anteil für das Lernen sollte als positive Belastung angesehen werden. An ihm misst sich der Grad, wie viel Energie der Lernende für Aufbau, Aktivierung und Automatisierung von Schemata investiert. Allerdings kann eine zu hohe Einflussnahme auf den *Germane cognitive load* in eine erhöhte Belastung des *Extraneous cognitive load* resultieren. Des weiteren wird davon ausgegangen, dass eine bewusste Verringerung der *Extraneous cognitive load* eine automatische Erhöhung der *Germane cognitive load* bewirkt, unabhängig von der Induktion der Lernaufforderung.

Wie bereits erwähnt, lässt sich der *Intrinsic cognitive load* durch didaktisches Design kaum beeinflussen, im Abschnitt 2.2 werden wir sehen, dass Mayer dennoch einige Design Vorschläge gibt. Dahingegen gibt es zur Verringerung der *Extraneous cognitive load* zahlreiche didaktische Gestaltungsmöglichkeiten. Wie bevorstehend darauf hingewiesen, ist diese Maßnahme notwendig, um bei komplexen Lerninhalten und/ oder bei geringem Vorwissen dem Lernenden ausreichend Freiraum zu geben, um den *Germane cognitive load* erhöhen zu können. Hier die wesentlichsten didaktischen Gestaltungsempfehlungen, die bei einer Reduktion des *Extraneous cognitive load* beachtet werden sollten (Sweller, 2010):

- *Worked-Example effect*
- *Completion effect*

- *Split-Attention effect*
- *Modality effect*
- *Redundancy effect*
- *Expertise reversal effect*
- *Guidance fading effect*
- *Goal-Free effect*

Vor allem im Zusammenhang mit Video als Trägermaterial von Lerninhalten sei auf den *Modality effect* verwiesen. Da es bei einer ausschließlich visuellen Präsentation von Lernmaterial zu einer Überlastung des visuellen Kanals und damit einer Überlastung für den gesamten Lernprozess kommen kann, wird durch den Einsatz von Video sowohl der visuelle als auch der auditive Kanal gleichermaßen bedient, was zu einer Verringerung der *Extraneous cognitive load* führt (Niegemann et al., 2008). Allerdings sollte darauf geachtet werden, dass bei dieser parallelen Präsentation keine zu hohen Redundanz Effekte auftreten. Dieser Effekt wird verhindert durch eine optimierte inhaltliche Abstimmung zwischen grafischer Präsentation und dem entsprechenden gesprochenen Kommentar. Auch der *Split Attention Effect* spielt eine wesentliche Rolle, denn nur, wenn die zeitliche Abstimmung zwischen den Bildframes und der Sprecherstimme optimal ist, kann der Effekt vermieden werden (Ayres & Sweller, 2005).

Die Reduzierung des *Extraneous cognitive load* ist aber nur ein Teil zur Verbesserung von multimedialen Lernumgebungen oder Lernumgebungen im allgemeinen. Besonders bei komplexem Lerninhalt ist es wichtig, einen ausreichend hohen *Germane cognitive load* zu erreichen, damit ein lernfördernder Effekt eintritt. Auch hier stehen verschiedene Methoden zur Auswahl, wie:

- Lernfragen
- Übungsaufgaben
- Transfer- und Anwendungsaufgaben
- Lösungsbeispiele
- Selbsterklärung
- *Advance Organizer* oder
- Analogien

(Seufert et al., 2004)

2.2 Kognitive Theorie multimedialen Lernens (CTML)

Gerade im Bereich des multimedialen Lernens bietet das theoretische Modell von Mayer (2005) zahlreiche empirisch fundierte Gestaltungsvorschläge, um eine kognitive Entlastung für den Lernenden herbeizuführen. Hier zeigt sich auch die enge Verbindung zur Theorie der kognitiven Belastung von Sweller et al. (1998). Diese enge Verbindung zwischen der Theorie der CTML und der Theorie der kognitiven Belastung von Sweller et al. (1998) stellen Mayer und Moreno (2010) in ihrem Artikel „Techniques that reduce extraneous cognitive load and manage intrinsic cognitive load during multimedia learning“ heraus. So greift auch die CTML auf die drei Grundprinzipien der Kognitiven Forschung zurück (Mayer & Moreno, 2010):

- Duale Codierung, bzw. Trennung der visuellen und auditiven Verarbeitung
- Begrenztes Arbeitsgedächtnis, genauer spezifiziert wird hier von einer begrenzten Kapazität der beiden Verarbeitungskanäle (visuell und auditiv) ausgegangen
- Ein aktiver Kognitiver Prozess während des Lernens, Mayer (2005) spricht hier von der Selektion, Organisation und Integration neuer Informationen zum Aufbau eines kohärenten mentalen Modells

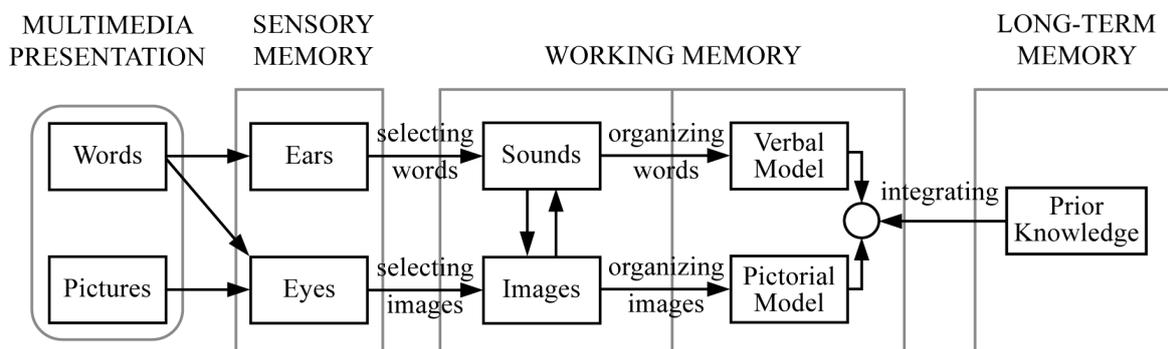


Abbildung 1: Kognitive Theorie multimedialen Lernens (CTML) von Mayer, 2005

Wie anhand der Abbildung 1 zur CTML zu sehen ist, werden drei Speicher-/ Gedächtnisbereiche definiert, und zwar die in ihren Ressourcen begrenzten sensorischen Speicher, Arbeitsspeicher und das unbegrenzte Langzeitgedächtnis. Analog zu diesen Bereichen findet eine Selektion, Organisation und Integration statt. Diese fünf verschiedenen Prozesse, Mayer (2005) unterscheidet zusätzlich bei der Selektion und Organisation jeweils den visuellen und auditiven Kanal, müssen nicht linear ablaufen, sondern können wahlfrei vom Lernenden ausgewählt werden. Durch die Selektion bringt der Lernende Informationen in seinen Aufmerksamkeitsbereich, dieser Vorgang kann von außen mittels didaktischer Gestaltung unterstützt oder sogar gelenkt werden. Wurde dann die selektierte Information in das Arbeitsgedächtnis transferiert, werden die Informationen durch die Organisation in das entsprechende mentale Modell (verbales oder piktorales) überführt.

Mittels der Integration werden dann verbales und piktoral Modell zusammen mit vorhandenem Vorwissen aus dem Langzeitgedächtnis zu einem gemeinsamen kohärenten Modell verbunden (Mayer, 2005).

Weiterhin stellen Mayer und Moreno (2010) ihre definierten drei kognitiven Arbeitsschritte denen von Sweller et al. (1998) festgelegten Arten von *Cognitive load* gegenüber, siehe Tabelle 1.

Tabelle 1: Gegenüberstellung CTL und CTML

CLT	CTML	
<i>Extraneous cognitive load</i>	<i>extraneous processing</i>	Selektiver Prozess im Zusammenhang mit nicht lernrelevanten Elementen
<i>Intrinsic cognitive load</i>	<i>essential processing</i>	Grundlegender Verarbeitungsprozess anhand der Komplexität des Lernmaterials
<i>Germane cognitive load</i>	<i>generativ processing</i>	Generativer Prozess, Wissenserwerb durch Organisation und Integration

Zur Reduzierung der *Extraneous cognitive load*, bzw. nach Mayer und Moreno (2010) *Extraneous cognitive processing*, haben Mayer und Moreno (2010) anhand von zahlreichen Studien folgende Prinzipien abgeleitet:

Koheränz Informationsdarstellung auf ein notwendiges Minimum beschränken

Redundanz Richtiges Maß an Informationen, Vermeidung von Wiederholungen

Signalisierung Hervorhebung wichtiger Informationen

Zeitliche Kontiguität Synchronizität der Informationen bei temporalen Medien

Räumliche Kontiguität Räumliche Nähe bei zusammengehörender oder sich ergänzender Informationen

Aber auch zur besseren Handhabung der *Intrinsic cognitive load* führen Mayer und Moreno (2010) wichtige Prinzipien auf:

Segmentierung Bildung von *Chunks* zur Bewältigung des Komplexitätsgrades eines Lerninhaltes

Vortraining Schaffung von Vorwissen, um komplexere Inhalte besser zu verstehen

Modalität Verteilung der Informationen auf visuellen und auditiven Kanal

Weitere Prinzipien, bezugnehmend auf das Modell CTML, formulieren Moreno und Mayer (2010) im Artikel „Techniques that increase generative processing in multimedia learning: open questions for cognitive load research“ hinsichtlich der Beeinflussung des *Germane cognitive load*.

Multimedia Nutzung der dualen Kodierung zur besseren kognitiven Verarbeitung

Personalisierung Persönliche Einbindung in die Lernumgebung

Anleitende Aktivität Geführter Interaktionsprozess

Feedback Rückmeldung bzgl. lernrelevanter Interaktion

Reflection Hinterfragung der eigenen lernrelevanten Interaktion

Gerade im Zusammenhang mit Video, hinsichtlich des Mediums an sich, können mit den oben genannten Prinzipien „Anleitende Aktivität“, als Einleitung eines Interaktionsprozesses, und „Feedback“ die für den Lernenden passive Informationsdarbietung aufgebrochen werden. Alle anderen aufgeführten Prinzipien sind der konkreten Gestaltung des Lernmaterials, bzw. des Inhalts, zuzuordnen, was kein direkter Untersuchungsgegenstand dieser Studie war, die aber bei der Gestaltung des Videos berücksichtigt wurden. Somit wird im weiteren Verlauf ein näherer Blick auf die Möglichkeiten und Klassifizierung von Interaktion und Feedback geworfen.

2.3 Interaktion und Feedback

Interaktion und Feedback werden dann zu essentiellen Bestandteilen einer medialen Lernumgebung, wenn es darum geht, den Lernenden noch stärker als aktiven Part in den Lernprozess einzubeziehen und ihn bei den Prozessen des Wissenserwerbs zu unterstützen. Denn gerade beim Medium Video kann es schnell passieren, dass der Lernende zu stark in eine Konsumentenrolle verfällt (Niegemann et al., 2004).

Interaktion

Interaktion definiert sich zunächst einmal als wechselseitiges Handeln zwischen zwei Subjekten. Feedback wiederum ist eine mögliche Reaktion auf eine Interaktion zwischen zwei Teilnehmern, wobei Feedback nicht zwangsläufig eine weitere technische Interaktion auslösen muss, sondern auf rein informativen Charakter beschränkt sein kann (Niegemann et al., 2008). Der grundlegende Ablauf/ Prozess von Interaktion, anschaulich dargestellt in der Abbildung 2 von Niegemann et al. (2008), folgt nach dem gleichen Prinzip, ob im Sinne der *Human-computer interaktion* (HCI) oder als didaktisches Mittel. In beiden Fällen wird immer eine mentale Operation beim Lernenden mittels Feedback ausgelöst.

Aber gerade im Bereich E-Learning, wo Interaktion in Form der HCI und Interaktion im didaktischen Sinne aufeinander treffen, ist es schwer, eine einheitliche Definition und Klassifikation über die einzelnen Fachdisziplinen hinweg zu finden. Hier muss man

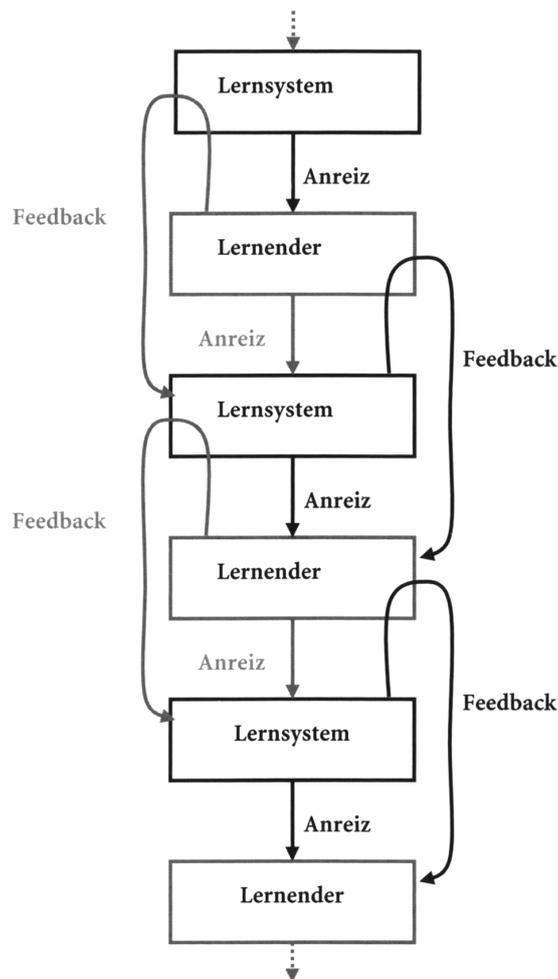


Abbildung 2: Interaktionskette aus Niegemann et al. (2008)

grundlegend zwischen Steuerungsinteraktion bezüglich des Systems und didaktischer Interaktion bezüglich der Unterstützung zum Wissenserwerb und Wissensvertiefung unterscheiden, wobei die Grenzen hier fließend sind, da eine didaktische Interaktion innerhalb einer multimedialen Lernumgebung prinzipiell auf Steuerungsfunktionen des Systems zurückgreifen muss (Strzebkowski & Kleeberg, 2002).

Moreno und Mayer (2007) unterscheiden bei Interaktivität in fünf funktionale Typen: Manipulation, Suche, Navigation, Kontrolle und Dialog. Manipulation ermöglicht dem Lernenden Parametereingaben, um so die Lerneinheit zu verändern, wobei hier die Interaktion eindeutig in Richtung Simulation geht. Unter dem Typ Suchen ist zu verstehen, dass der Lernende komplexere Abfragen tätigen kann, ähnlich einer Suchanfrage im Internet. Bei Navigation ist die übergeordnete Navigation zu verstehen, nicht die direkte Kontrolle einer Präsentationsform innerhalb einer Lerneinheit. Die direkte Kontrolle, welche den zeitlichen Aspekt und die Abfolge betrifft, bezeichnen Moreno und Mayer (2007) als *Controlling*, als Beispiel sind hier die gebräuchlichen Steuerungsfunktionen eines Videos, Play/ Pause, Vor- und Rücklauf genannt. Unter dem Begriff Dialog sind Dialogstrukturen definiert, hier kann der Lernende Fragen stellen und erhält Antworten, oder er bekommt eine Rückmeldung auf abgegebene Antworten.

Bei den genannten Typen wird sehr deutlich, wie verzahnt die grundlegenden Interaktionsformen nach Strzebkowski und Kleeberg (2002) sein können. Manipulation der einzelnen interaktiven Elemente einer Umgebung (z. B. Simulation) hat eine starke Interaktion auf Systemebene zur Folge, erbringt aber auch einen hohen Erkenntniswert, da der Lernende Abläufe selbstständig steuern und evaluieren kann. Die Gattungen Suche, Navigation und Kontrolle weisen wiederum einen stärkeren steuerungs-interaktiven Charakter auf. Die Art Dialog kann eine hohe didaktische Wirkung haben, je nach Komplexität der Dialogstruktur.

Niegemann et al. (2008) definiert folgende Funktionen, die Interaktivität im Kontext als dialogähnliche Kommunikation in Lernmedien haben sollte:

Motivieren Positive Rückmeldung geben und demotivierende Interaktion vermeiden.

Informieren Rückmeldung über Verlauf und evtl. vorhandene Lücken des Wissenserwerbs aufzeigen, bildet die Grundlagen für selbst gesteuertes Lernen.

Behalten fördern Anhand von Übungsaufgaben oder Trainingsmöglichkeiten den Wissenserwerb erleichtern.

Verstehen fördern Alternative Möglichkeiten (spezielle Hilfen, alternative Erklärungen, etc.) anbieten, um Informationen in bestehende Wissensstrukturen einzuordnen.

Anwenden bzw. Transfer fördern Bei der Vermittlung des Lernstoffes weiterführende Aufgabenstellungen und Erklärungen anbieten.

Lernprozess organisieren und regulieren Inhaltsübersichten, Anzeigen über offene Kapitel, Rückmeldungen und Übungsangebote, zusammengefasste Rückmeldung über den Lernprozess, bilden für den Lernenden wichtige Werkzeuge, um sich selbst zu regulieren.

Diese von Niegemann et al. (2008) beschriebenen Funktionen sind nach Klauer (1985, zitiert nach Niegemann et al., 2008) die Grundfunktionen jedes Lernens. Somit sollte mindestens eine Funktion gegeben sein, um von didaktischer Interaktivität sprechen zu können (Niegemann et al., 2008). Die Charakterisierung der Interaktion von Niegemann et al. (2008) ist eine Möglichkeit, daneben sind weitere Klassifizierungen vorhanden, die teilweise unterschiedliche Ansätze verfolgen. Die Beschreibung der Interaktivität von Systemen sollte aber immer im Kontext gesehen werden, da Steuerungsinteraktivität nicht zwangsläufig einen Mehrwert für den Wissenserwerb darstellt (Niegemann et al., 2008).

Zurückgreifend auf die Typisierung von Interaktion durch Moreno und Mayer (2007) ergibt sich nach Moreno und Mayer (2007) folgende Implikation für die Gestaltung von multimedialen Lernumgebungen:

Guided activity Der Lernende wird besser bei seiner kognitiven Verarbeitung unterstützt, wenn ihm anleitende Lerntätigkeiten zur Verfügung stehen.

Reflection Hinterfragung der eigenen lernrelevanten Interaktion. Dieses Prinzip wird dem Typ des Dialogs zugeordnet.

Feedback Rückmeldung bzgl. lernrelevanter Interaktion. Dieses Prinzip wird ebenfalls dem Typ des Dialogs zugeordnet.

Pacing Kontrolle über das Lerntempo. Das Prinzip Pacing ist eine Form der Kontrolle bezüglich der Typen von Interaktion.

Pretraining Schaffung von Vorwissen, um komplexere Inhalte besser zu verstehen

Diese Gestaltungsempfehlungen basieren nicht allein auf dem CTML-Modell, sondern auch auf dem erweiterten Modell *Cognitive-Affective Theory of Learning with Media* (CATLM) von Moreno und Mayer (2007), siehe Abbildung 3.

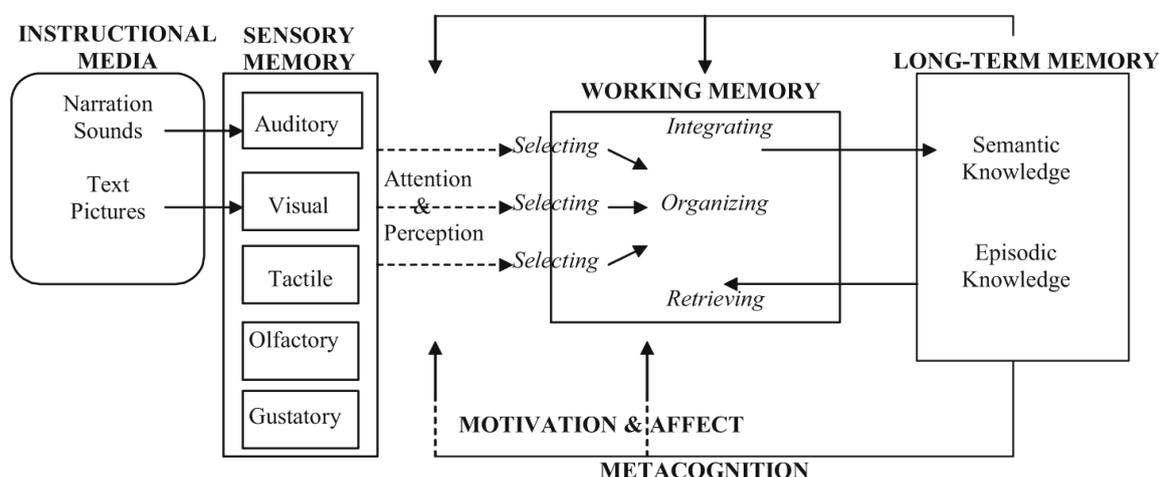


Abbildung 3: Kognitiv-affektive Theorie des Lernens mit Medien (CATLM) von Moreno und Mayer (2007)

Die Empfehlungen *Guided activity*, *Feedback* und *Reflection* wurden wie oben beschrieben der Steuerung der *Germane cognitive load* zugeordnet (Moreno & Mayer, 2010) und stehen so, basierend auf dem Modell CATLM, in Zusammenhang mit motivationalen und metakognitiven Faktoren (Moreno & Mayer, 2007). Die zwei weiteren Empfehlungen *Pacing*, später allgemeiner als Segmentierung definiert, und *Pretraining* wurden von Moreno und Mayer (2010) zur Beeinflussung der *Intrinsic Cognitive load* bzw. zur Steuerung des *Essential processing* entwickelt. Die inhaltliche Gleichsetzung von *Pacing* mit Segmentierung basiert auf dem Prinzip, das Lernende sich mit Hilfe von Kontrollfunktionen passende *Chunks* bilden können. Der Begriff *Pacing* steht eher im Zusammenhang mit Animationen und Videos, setzt ein aktiveres Eingreifen des Lernenden voraus und bietet nur bedingt vorgegebene Strukturen, wohingegen bei Segmentierung schon eine inhaltliche Gliederung vorliegt, was aber ein aktives Eingreifen wie bei *Pacing* nicht ausschließt.

Das Prinzip der Interaktivität beschrieben durch Betrancourt (2005) im Zusammenhang mit Animationen baut auf dem Prinzip *Pacing* auf. Bereits einfache Kontrollfunktionen, die dem Lernenden ermöglichen, Kontrolle über das Lerntempo auszuüben, zeigen einen Einfluss auf die Lernleistung, da somit die Möglichkeit eröffnet wird, *Chunks* zu bilden oder zu definieren (Mayer & Chandler, 2001). Wobei die Studie von Mayer und Chandler (2001) auch gezeigt hat, dass die Implementierung von Interaktivität an sich noch keinen lernfördernden Einfluss nimmt und immer erst in Kombination mit weiteren Prinzipien oder Mechanismen einen Mehrwert aufweist, und somit in Richtung didaktischer Interaktion geht. Es ist fast ausgeschlossen, die Menge an Interaktivität einzeln zu betrachten und daraus ein lernförderndes Maß abzuleiten.

Die Studie von Mayer und Chandler (2001) nutzte Interaktivität zur Kontrolle der Abspielgeschwindigkeit einer Animation zum Thema „Entstehung von Blitzen“, präsentiert nach dem Prinzip von Ursache und Wirkung. Diese Animation lag einmal im Ganzen (W) und in einer unterteilten Form (P) vor. Die unterteilte Form der Animation konnte mit einer einfachen „Weiter“-Schaltfläche sequenziell durchgearbeitet werden. Insgesamt wurden zwei Experimente mit jeweils zwei Gruppen durchgeführt. Die Gruppen erhielten die Animation nach folgendem Muster: Eine Gruppe in der Form PW, also in unterteilter Form und im Anschluss als Ganzes, eine Gruppe in der Form WP, und die beiden anderen Gruppen im zweiten Experiment einmal in der Form WW oder PP. Es zeigte sich, dass die Gruppe mit der Animation nach dem Muster PW eine Steigerung in der Lernleistung gegenüber der Gruppe mit der Animation in der Form WP erzielte. Im zweiten Experiment wurde ebenfalls ein Unterschied in der Lernleistung festgestellt, Gruppe WW (geringe Lernleistung), Gruppe PP (hohe Lernleistung). Da aber der Grad bzw. das Maß an Interaktivität in der Gruppe PW und WP gleich waren, konnte daraus geschlossen werden, dass Interaktion alleine nicht der ausschlaggebende Faktor war, sondern erst die Kombination mit der Segmentierung und dem daraus indirekt resultierenden Vortraining. Demnach war Interaktion kein alleiniger und direkter Einflussfaktor, aber ein notwendiges Mittel.

Feedback

Feedback kann im Kontext zu multimedialen Lernumgebungen zweierlei Bedeutungen haben. Zum einen als lernrelevante Rückmeldung (informatives Feedback), z.B. Antwort auf eine Übungsfrage, zum anderen als Rückmeldung in Bezug auf die Mensch-Maschine-Interaktion, z. B. Rückmeldung bei Steuerungselementen (Niegemann et al., 2008). Die Definition von Feedback unter Moreno und Mayer (2007) beinhaltet lediglich die Unterscheidung zwischen einfacher Rückmeldung in Form von richtig/ falsch (*Corrective feedback*) und erklärenden Rückmeldungen (*Explanatory feedback*).

Narciss (2006) führt hierzu eine differenziertere Einteilung zum Feedback auf. Hier eine kurze Übersicht über die geläufigsten Formen von informativem Feedback:

knowledge of performane (KP): Die Lernenden erhalten hierbei nachdem sie eine Menge von Aufgaben bearbeitet haben summatives Feedback

über den erreichten Leistungsstand (z.B. xy% der Aufgaben korrekt gelöst),

knowledge of result/response (KR): Hierbei wird angegeben, ob die aktuelle Lösung bzw. Antwort richtig oder falsch ist,

knowledge of the correct response (KCR): Die korrekte Antwort oder Lösung wird präsentiert,

answer until correct oder multiple try feedback (AUC/MTF): Die Lernenden erhalten KR und bekommen da die Möglichkeit, die Aufgabe erneut zu bearbeiten. Bei AUC geschieht dies, bis sie die korrekte Lösung gefunden haben, bei MTF bis zu einer festgelegten Anzahl an Wiederholungen, dann wird in der Regel KCR präsentiert,

elaborated feedback (EF): Hierbei wird KR oder KCR präsentiert zusammen mit zusätzlichen Informationen, die zur Korrektur von Fehlern oder zur Lösung künftiger Aufgaben dienen sollen. (S. 19)

Die genannten Feedback-Formen KP, KR, KCR und AUC/MTF können dem von Moreno und Mayer (2007) beschriebenen *Corrective feedback* zugeordnet werden und als einfache Rückmeldung bezeichnet werden. Im Gegensatz zur elaborierten Rückmeldung wird hier nur ein richtig oder falsch angegeben. Diese einfachen Feedbacks werden direkt an die Antwort bzw. Eingabe des Nutzers geknüpft (IZHD Uni Hamburg, n. d.). Auch wenn diese einfache Form der Rückmeldung stark an das operante Konditionieren der Programmierten Instruktionen von Skinner erinnert, konnte eine Verstärkung im Sinne eines Wissenszuwachses nicht bestätigt werden (Niegemann et al., 2008). Dennoch eignet sich diese einfache Form der Rückmeldung besonders gut, wenn innerhalb der Lernumgebung deklaratives Wissen, was nach Bloom's Taxonomie der ersten Stufe entspricht, abgefragt wird (IZHD Uni Hamburg, n. d.).

Die für diese Untersuchung entwickelte Lernumgebung ist so konzipiert, dass sich die Lernfragen auf der ersten Klassifikationsstufe der Taxonomie von Lernzielen nach Bloom (Krathwohl, 2002) bewegen und eine einfache Form des Feedbacks ausgibt, dass auf eine weitere Vertiefung auf elaboriertes Feedback an dieser Stelle verzichtet wird.

3 Fragestellung und Hypothesen

In der vorliegenden Untersuchung soll geprüft werden, inwieweit sich Interaktion und Feedback innerhalb des Mediums Video auf den Lernerfolg und die kognitive Belastung auswirken. Hierbei soll mit Hilfe von Interaktion und Feedback weniger der Systemstatus der Lernumgebung wiedergegeben werden, sondern der individuelle Wissensstand des Lernenden. Daher liegt das Hauptaugenmerk bei der Interaktion nicht auf dem Steuern des Systems, sondern auf dem Auslösen eines mentalen Prozesses, um Gelerntes zu wiederholen und zu festigen, und der Feststellung des aktuellen Wissensstandes eines Lernenden. Somit spiegelt das Feedback nicht nur den Systemzustand wider, sondern

auch den aktuellen Wissensstand des Lernenden. Die hier zum Einsatz kommende Feedback-Form soll der des *Corrective Feedback*, definiert durch Moreno und Mayer (2007) als einfaches Feedback (siehe Abschnitt 2.3), entsprechen. Zwar beschreiben Moreno und Mayer (2007) den *Explanatory feedback* im Vergleich zum *Corrective Feedback* als effektiver, da aber das Szenario der Kontrollgruppe keinerlei Feedback aufweist, soll ermittelt werden, ob bereits *Corrective Feedback* an dieser Stelle eine ausreichende Wirkung erzielt.

Die dadurch im Zusammenhang stehende Interaktion wird mittels Einsatz von Lernaufgaben realisiert. Da Steuerungsinteraktivität nicht zwingend das Lernen verbessert (Niegemann et al., 2008), soll in der Untersuchung geprüft werden, ob ein höherer Lernerfolg durch didaktische Interaktion in Form von Lernaufgaben induziert werden kann. Diese Form der didaktischen Interaktion, welche in tutoriellen Programmen zum Einsatz kommt, besitzt eine aktivierende Wirkung zum Wissensaufbau, daraus resultiert eine Erhöhung der *Germane cognitive load* (Seufert et al., 2004). Hier stellt sich die Frage, ob sich eine Erhöhung auch innerhalb des Mediums Video bestätigen lässt. Die Lernfragen bewegen sich auf der ersten Stufe (Wissen) nach Bloom's Taxonomie (Krathwohl, 2002). Demzufolge ist die hier zum Einsatz kommende Komplexität des Dialogs auf der Stufe des Behaltens, einer der Funktionen in der dialogähnlichen Kommunikation in Lernmedien (Niegemann et al., 2008), einzuordnen. Abschließend stellt sich die Frage, ob dieses Maß an Interaktion durch Lernfragen bereits ausreichend ist, um oben genannte Faktoren (Lernerfolg und kognitive Belastung) zu beeinflussen, im Vergleich zu keiner Initiierung einer didaktischen Interaktion (Kontrollgruppe) und dem damit im Zusammenhang stehenden Feedback.

Die didaktisch gestalterischen Mittel, die einen Einfluss auf den *Extraneous cognitive load* haben könnten, kommen nur innerhalb des Videos zum Einsatz. Demnach wird eine Erhöhung des *Extraneous cognitive load* ausgeschlossen. Bezogen auf die Methodik der Lernaufgaben stehen die zur Interaktion notwendigen Lernaufgaben in keinem direkten Zusammenhang zum Lernmaterial. Die Lernfragen zum Inhalt des Videos kann als ein in sich eigenständiger Part innerhalb der Lernumgebung angesehen werden. Ebenso sagt das hier zum Einsatz kommende Feedback nichts über den Informationsgehalt des Lernmaterials aus, sondern bezieht sich ausschließlich auf den Status der Lernaufgaben und somit auf den Wissensstand des Lernenden. Hinzu gelten die Formen des Feedbacks nach Moreno und Mayer (2010) als Einflussfaktoren auf den *Germane cognitive load*.

Bezüglich der *Intrinsic cognitive load* wird keine höhere Belastung erwartet, da Feedback, wie bereits erläutert, einen Einflussfaktor für den *Germane cognitive load* darstellt (Moreno & Mayer, 2010). Ebenso ist Interaktion in Verbindung mit der Methodik der Lernaufgaben ein Faktor, der ebenso den *Germane cognitive load* beeinflusst. Diese Annahme wird zusätzlich dadurch gestützt, dass sich die Komplexität der Fragen auf der Stufe Wissen bewegt und somit keine neue Information dem Lernmaterial hinzugefügt wird, sondern lediglich eine Wiederholung stattfindet.

Weiterhin wird das zu lernende Thema so gewählt, dass wenig Vorwissen vorhanden ist, um einen möglichen *Expertise reversal effect* auszuschließen.

Basierend auf diesen Fragestellungen und der erläuterten Form von Interaktion und Feedback lauten die Hypothesen folgendermaßen:

1. Durch Zuhilfenahme von Interaktion bei Videos in Form von Lernaufgaben und der daraus resultierenden Systemrückmeldung wird im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne Interaktion bei Videos in Form von Lernaufgaben und der daraus resultierenden Systemrückmeldung ein höherer Lernerfolg beim Nutzer erwartet.
2. Durch Zuhilfenahme von Interaktion bei Videos in Form von Lernaufgaben und der daraus resultierenden Systemrückmeldung wird im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne Interaktion bei Videos in Form von Lernaufgaben und der daraus resultierenden Systemrückmeldung ein höherer *Germane cognitive load* beim Nutzer erwartet.
3. Durch Zuhilfenahme von Interaktion bei Videos in Form von Lernaufgaben und der daraus resultierenden Systemrückmeldung wird im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne Interaktion bei Videos in Form von Lernaufgaben und der daraus resultierenden Systemrückmeldung keine Veränderung des *Extraneous cognitive load* beim Nutzer erwartet.
4. Durch Zuhilfenahme von Interaktion bei Videos in Form von Lernaufgaben und der daraus resultierenden Systemrückmeldung wird im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne Interaktion bei Videos in Form von Lernaufgaben und der daraus resultierenden Systemrückmeldung keine Veränderung der *Intrinsic cognitive load* beim Nutzer erwartet.

4 Methode

4.1 Stichprobe

Die Stichprobe der vorliegenden Untersuchung setzt sich aus insgesamt 34 Studentinnen und Studenten der Universität Ulm zusammen. Die Anzahl der Studierenden setzte sich aus den folgenden Fachrichtungen zusammen:

14	Psychologie	(41,2%)
11	Medieninformatik	(32,4%)
2	Informatik	(5,9%)
2	Wirtschaftsmathematik	(5,9%)
2	Wirtschaftswissenschaft	(5,9%)
1	Elektrotechnik	(2,9%)

- 1 Mathematik (2,9%)
- 1 Software Engineering (2,9%)

Von den Probanden waren 18 weiblich (52,9%) und 16 männlich (47,1%). Die Probanden befanden sich zum Zeitpunkt der Studie entweder im zweiten (38,2%), vierten (17,6%), sechsten (26,5%), achten (11,8%), elften (2,9%) oder zwölften (2,9%) Semester ihres Fachstudiums. Das Durchschnittsalter lag bei 23,38 Jahren ($SD = 3.20$). Die Rekrutierung der Versuchsteilnehmer/-innen erfolgte über die universitätsinternen Mailinglisten der Fachbereiche Informatik, Medieninformatik, Psychologie und Elektrotechnik, sowie über ausgehängte Flyer an der Uni-Ost und Uni-West, als auch über persönliche Bekanntmachung in Vorlesungen. Insgesamt wurden den Probanden zur Teilnahme 25 verschiedene Termine an 14 unterschiedlichen Tagen angeboten, aus welchen sie einen Termin auswählen sollten. Die maximale Teilnehmerzahl pro Termin wurde auf sechs Personen begrenzt. Am jeweiligen Erhebungstag wurde jeder Proband randomisiert einer der beiden Bedingungen zugewiesen. Die Randomisierung erfolgte dadurch, dass fest installierte Plätze für jede der beiden Bedingungen vorbereitet waren und sich die Probanden mittels freier Platzwahl zufällig für einen Sitzplatz entschieden. Als Aufwandsentschädigung für ihre Teilnahme an der etwa 70 minütigen Untersuchung erhielten die Probanden jeweils einen Amazon-Gutschein im Wert von 8.- Euro und eine Tafel Schokolade oder 1,25 Versuchspersonenstunden.

4.2 Design

Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um ein einfaktorielles Versuchsdesign mit der unabhängigen Variable Interaktion hoch/ gering. Die Studienteilnehmer wurden randomisiert einer der folgenden zwei Bedingungen zugewiesen:

- i. Kontrollgruppe (Interaktion gering, $n = 17$)
- ii. Experimentalgruppe (Interaktion hoch, $n = 17$)

Als abhängige Variablen wurden die Lernleistung (AV1) und die kognitive Belastung während des Lernprozesses (AV2) erhoben. Die Lernleistung wurde anhand eines Nachttests erfasst, welcher sich aus sieben Aufgaben zusammen setzte. Die Aufgabenart unterteilte sich in drei Fragen der Kategorie Wissen, in zwei Fragen der Kategorie Verstehen und zwei Fragen der Kategorie Anwenden. Zur Messung der abhängigen Variablen „kognitive Belastung“ wurde ein in der Abteilung Lehr-Lernforschung entwickelter Fragebogen zur subjektiven differenzierten Messung kognitiver Belastung eingesetzt. Mittels dieses Fragebogens wurden die mentalen Belastungen, *Intrinsic* ($\alpha_{Lernphase} = 0.91$; $\alpha_{Nachttest} = 0.54$), *Extraneous* ($\alpha_{Lernphase} = 0.85$; $\alpha_{Nachttest} = 0.88$) und *Germane cognitive load* ($\alpha_{Lernphase} = 0.60$; $\alpha_{Nachttest} = 0.81$) erhoben. Als Kontrollvariablen wurden erfasst Spaß (Anhand des Fragebogens zur subjektiven differenzierten Messung kognitiver Belastung), Alter, subjektive Erfahrung mit Videoplayern auf einer Internetseite und subjektive Erfahrung

mit einer multimedialen Lernumgebung. Die Kontrollvariable Vorwissen wurde zwar erfasst, floss aber in die Auswertung nicht mit ein, da bei allen Teilnehmern kein Vorwissen festgestellt werden konnte.

4.3 Material

Die Materialien für die Studie lassen sich in drei Teile unterteilen. Zum einen das eigens entwickelte und produzierte Lernmaterial in Form eines Videos, zum anderen die eigens programmierte Lernumgebung, in welcher das Video eingebettet war, und schließlich der zum Lernmaterial passende Nachtest. Das Lernmaterial sowie die Lernumgebung lagen in digitaler Form vor. Der Nachtest wurde den Probanden auf Papier vorgelegt.

Lernmaterial

Das inhaltliche Thema beim Lernmaterial war die Messung eines Höhenwinkels mittels eines Sextanten. Bei der Wahl des Themas war entscheidend, ein möglichst geringes Vorwissen bei den Probanden vorzufinden, um einen *Expertise reversal effect* (Sweller, 2010) zu vermeiden. Das Endprodukt sollte ein Video sein, welches in schematischer und animierter Form die Handhabung eines Sextanten zeigt. Des Weiteren wurde das Video mittels einer Off-Stimme kommentiert, so dass innerhalb des Videos auf größere Textpassagen verzichtet werden konnte. Weiterhin wurden bei der Entwicklung des Lernmaterials die in Abschnitt 2.2 aufgeführten Gestaltungsprinzipien herangezogen. Folgende Prinzipien wurden bei der Entwicklung berücksichtigt:

Kohärenz Bei der Darstellung der Abläufe innerhalb des Videos wurde auf eine schematische Darstellung zurückgegriffen. Alle Bewegungsabläufe wurden in animierter Form gezeigt. Diese reduzierte Form der Präsentation hatte gegenüber Realbildern den Vorteil, Hintergrundrauschen zu vermeiden, außerdem wurden so nur lernrelevante Aspekte dargestellt.

Redundanz Wie eingangs beschrieben, wurde das Video mit einem Off-Kommentar ausgestattet. Hier ist darauf geachtet worden, dass gesprochene Informationen nicht mit gleichem Inhalt im Video zeitgleich als geschriebener Text zu sehen waren.

Signalisierung Wichtige Elemente wurden im Video mittels Annotation (Abbildung 4) und farblicher Hervorhebung (Abbildung 5) kenntlich gemacht. Somit konnte die Aufmerksamkeit des Lernalters auf wichtige Elemente gelenkt werden. Weiterhin konnte mit dieser Methode der zeitlich flüchtige Off-Kommentar und die darin erwähnten Stichworte länger für den Betrachter greifbar gemacht werden.



Abbildung 4: Annotation innerhalb des Videos

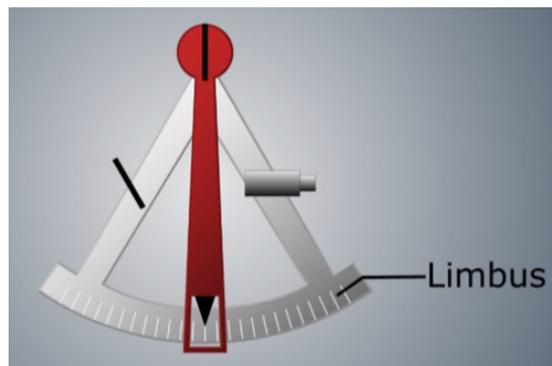


Abbildung 5: Farbliche Hervorhebung innerhalb des Videos

Zeitliche Kontiguität Bei den Erläuterungen durch den Off-Kommentar wurde darauf geachtet, dass sie synchron zum jeweiligem Prozessablauf gesprochen wurden.

Segmentierung Das gesamte Video wurde in drei Kapitel unterteilt, welche einzeln angesteuert und abgespielt werden konnten.

Modalität Prinzipiell wurden durch die Kombination aus animierten Abläufen und gesprochenem Kommentar beide Verarbeitungskanäle nach Mayer (2005) (visuell und auditiv) angesprochen.

Wie vorab erwähnt, wurde das Video inhaltlich in drei Kapitel aufgeteilt. Hierzu wurde nach folgendem Schema vorgegangen: Zu Beginn wurde im ersten Kapitel „Der Sextant“ eine allgemeine Einleitung zum Thema Sextant sowie die Erläuterung der einzelnen Bestandteile und die grundsätzliche Funktionsweise eines Sextanten gegeben. Im zweiten Kapitel „Winkelmessung“ wurden die einzelnen Schritte eines Messvorgangs anhand einer Beispielmessung demonstriert. Im dritten Kapitel „Messfehler“ wurde auf eventuelle Fehler beim Messen mit einem Sextanten eingegangen. Das Video hatte insgesamt eine Abspielänge von 7 Minuten und 45 Sekunden. Im Anhang A.1 kann das hierzu entwickelte Storyboard eingesehen werden. Eventuelle Änderungen, die während der Produktionsphase vorgenommen wurden, sind hier nicht berücksichtigt.

Technische Umsetzung

Für die Produktion des Videos wurden folgende Programme genutzt:

- After Effects CS4 von Adobe für die Erstellung und Animierung der grafischen Elemente
- Premiere Pro CS4 von Adobe für die Vertonung und den Schnitt des Videos
- Soundbooth CS4 von Adobe für die Aufnahme und Bearbeitung der Off-Kommentare
- Illustrator CS4 von Adobe für die Erstellung der grafischen Elemente im Video
- Free WebM Video Converter von DVDVideoSoft für die Konvertierung der einzelnen Endformate

Das Video wurde im Format HDV 720p produziert und in die für die Lernumgebung benötigte Größe (720 x 406 Pixel) konvertiert. Das Video wurde in folgenden Containerformaten bereitgestellt:

Containerformat	Videocodec	Audiocodec
MP4	H.264/MPEG-4 AVC	MPEG AAC Audio
WebM	VP8	Vorbis Audio
Ogg	Theora	Vorbis Audio

Somit wurde gewährleistet, dass das Video mit den gängigsten Browsern auf Clientseite abgespielt werden konnte.

Lernumgebung

Die Darstellung der Lernumgebung teilte sich im wesentlichen in zwei Hauptbereiche auf, den Darstellungsbereich des Videos und den zweigeteilten Steuerungsbereich oberhalb und unterhalb des Darstellungsbereiches, siehe Abbildung 6. Der zweigeteilte Steuerungsbereich untergliederte sich noch einmal in drei weitere Bereiche, erstens den Bereich für die Kapitel-Navigation, siehe Abbildung 7, zweitens den Bereich für die Zeitleiste, siehe Abbildung 8, und drittens den Bereich für die elementaren Steuerungselemente, siehe Abbildung 9.

Der Bereich für die Kapitel-Navigation wiederum unterteilte sich in die drei Hauptkapitel des Videos und lieferte dadurch die grobe Untergliederung (Segmentierungs-Prinzip nach Mayer und Moreno (2010)), somit konnten die einzelnen Kapitel des Videos direkt angesteuert werden. Diese drei Navigationselemente (Kapitelschaltflächen) waren einerseits interaktiv als auch informativ (Feedback im Sinne der HCI). Der informationsgebende Aspekt zeichnete sich dadurch aus, dass der Name des Kapitels sein Aussehen veränderte, je nachdem, ob selbiges aktuell abgespielt wurde oder nicht, siehe Abbildung 10. Die Interaktivität ergab sich daraus, dass die Kapitelschaltflächen durch Auslösen

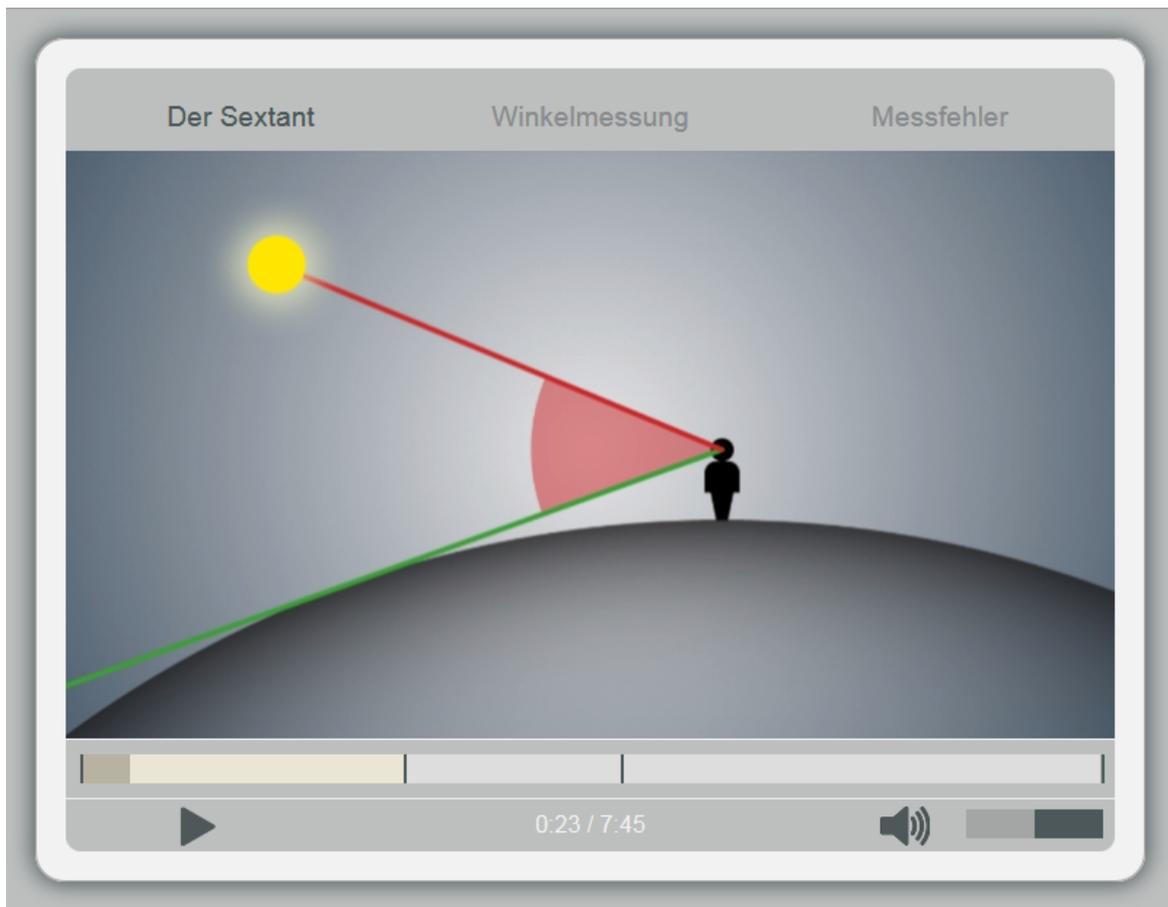


Abbildung 6: Lernumgebung

ihrer Funktion zum jeweiligen Kapitelanfang sprangen und das Video automatisch abspielten. Die Kennzeichnung der Interaktivität wurde zusätzlich optisch unterstützt, indem bei einer *Mouseover*-Aktion der Hintergrund der Schaltfläche farblich verändert wurde, siehe Abbild 11. Die Zeitleiste (Abbildung 8) bot neben der üblichen Funktionalität eine optische und prozentual passende Einteilung, welche die Kapitellängen widerspiegelte. In Kombination mit einem Fortschrittsbalken, der Auskunft über die aktuelle Abspielposition gab, konnte der Nutzer ein Gefühl darüber entwickeln, wie lange das einzelne Kapitel noch lief, oder ob er sich zu Beginn oder am Ende befand. Des Weiteren gab es auf der Zeitleiste eine farbliche Hervorhebung des Kapitelabschnittes, um direkt zu lokalisieren, in welchem Abschnitt (Kapitel) man sich gerade befand, siehe hierzu Abbildung 12. Um die bestehende funktionale Verbindung zwischen Kapitelschaltflächen (Navigation) und Kapiteleinteilungen auf der Zeitleiste kenntlich zu machen, wurde eine weitere farbliche Interaktion eingebaut. So wurde beim Betätigen der Kapitelschaltfläche nicht nur der Hintergrund farblich verändert (Abbildung 11), sondern es wurde mit der gleichen Farbe der entsprechende Abschnitt auf der Zeitleiste hervorgehoben (Abbildung 13).

Die bis hier aufgeführten Steuerungs- und Interaktionselemente waren sowohl in der Kontrollgruppe als auch in der Experimentalgruppe identisch vorhanden. Beide Gruppen unterschieden sich dahingehend, dass die Kontrollgruppe am Ende eines jeden Kapitels eine kurze Zusammenfassung über die wesentlichen Inhalte des Kapitels bekam, und



Abbildung 7: Lernumgebung - Kapitel-Navigation



Abbildung 8: Lernumgebung - Zeitleiste mit Kapiteleinteilungen

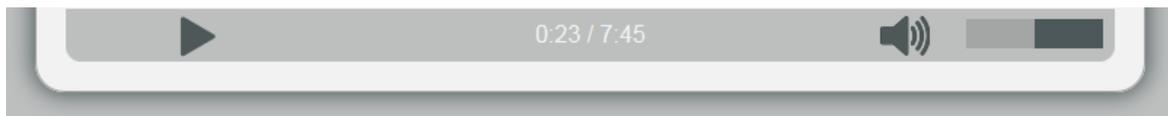


Abbildung 9: Lernumgebung - elementare Steuerungselemente

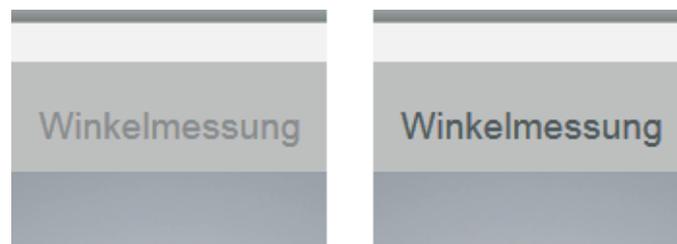


Abbildung 10: Kapitel inaktiv (li.) und aktiv (re.)

dass die Experimentalgruppe am Ende eines Kapitels eine Reihe von Fragen über den Inhalt des jeweiligen Kapitels erhielt. Die Zusammenfassungen der Kontrollgruppe und die Antworten auf die Fragen aus der Experimentalgruppe wurden inhaltlich so aufeinander abgestimmt, dass keine Diskrepanz des Lernmaterials zwischen den Gruppen bestand.

Die Lernumgebung bei der Kontrollgruppe war wie folgt: Das Video lief bis zum Ende eines jeden Kapitels und stoppte dann automatisch, anschließend wurde eine Zusammenfassung angezeigt. Der Nutzer konnte dann mittels einer einfachen „Weiter“-Schaltfläche mit dem nächsten Kapitel im Video fortfahren. Diese Zusammenfassungen wurden jeweils am Ende der einzelnen Kapitel angezeigt, egal wie oft einzelne Passagen abgespielt wurden. Die Kapitelzusammenfassungen sind im Anhang A.2 aufgeführt.

Die Experimentalgruppe bekamen auch die Zusammenfassungen am Ende eines jeden Kapitels zu sehen, allerdings erst als Antwort einer vorangegangenen Frage. Erreichte hier das abzuspielende Video ein Kapitelende, stoppte es ebenfalls automatisch. Es wurde an dieser Stelle nicht direkt eine Zusammenfassung gezeigt, sondern die Lernumgebung stellte eine Reihe von Lernfragen, als Beispiel siehe Abbildung 14. Der Lernende war nun angehalten, die Fragen der Reihe nach zu beantworten. Während dieser Phase der Lernfragen wurden die übrigen Bedienelemente wie Kapitelnavigation, Zeitleiste, Play/ Pause-Schaltfläche und Tonkontrolle deaktiviert. Der Lernende musste



Abbildung 11: Kapitelschaltfläche inaktiv (li.) und aktiv (re.)

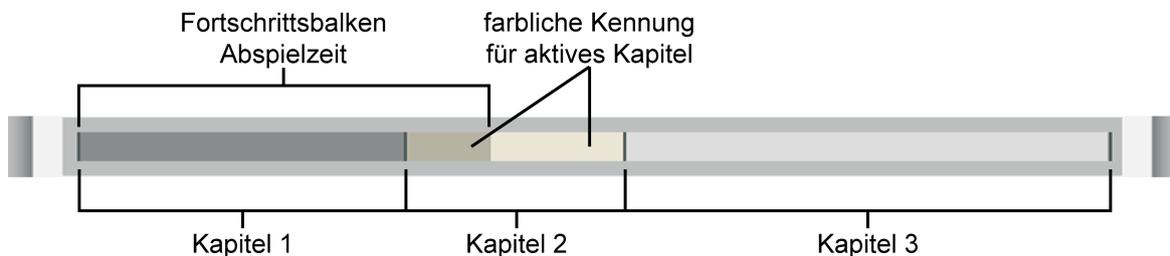


Abbildung 12: Einzelne Komponenten der Zeitleiste



Abbildung 13: Visuelle Interaktion zwischen Kapitelnavigation und Zeitleiste

also alle Fragen durchlaufen, bevor er mit dem Video fortfahren konnte. Hatte er alle Fragen abgearbeitet, begann das nächste Kapitel. Dem Lernenden standen folgende Möglichkeiten zur Verfügung, die Fragen zu bearbeiten: Entweder er beantwortete die Frage, oder er gab keine Antwort ab und ließ somit die Frage offen. Hatte der Lernende eine Antwort abgegeben, konnte diese entweder falsch oder richtig sein. Der Lernende bekam eine direkte Rückmeldung über die Richtigkeit seiner Antwort, einerseits als Symbol direkt bei seiner abgegebenen Antwort (Abbildung 15), andererseits anhand der Lernfortschrittskontrolle (Abbildung 16), welche den prozentualen Anteil an richtigen und falschen Antworten visuell darstellte. Das Erreichen der vollen Prozentzahl für richtige Antworten erfolgte nach dem reinen Zugewinn, d. h. der Lernende bekam keinen Abzug, sollte er eine Frage falsch beantwortet haben. Die Lernfortschrittskontrolle wurde jeweils direkt unterhalb der Kapitelschaltfläche positioniert, um so einen direkten Bezug herstellen zu können. Zusätzlich erhielt der Lernende, egal wie er die Frage

bearbeitete, die korrekte Antwort oder Lösung. Der Inhalt der Lösung war identisch mit den Kapitelzusammenfassungen aus der Kontrollgruppe. Demnach gab es zwischen der Kontrollgruppe und der Experimentalgruppe keine Differenz bezüglich des Informationsgehalts des Lernmaterials. Der Lernende aus der Experimentalgruppe musste für



Abbildung 14: Frageblock innerhalb der Lernumgebung

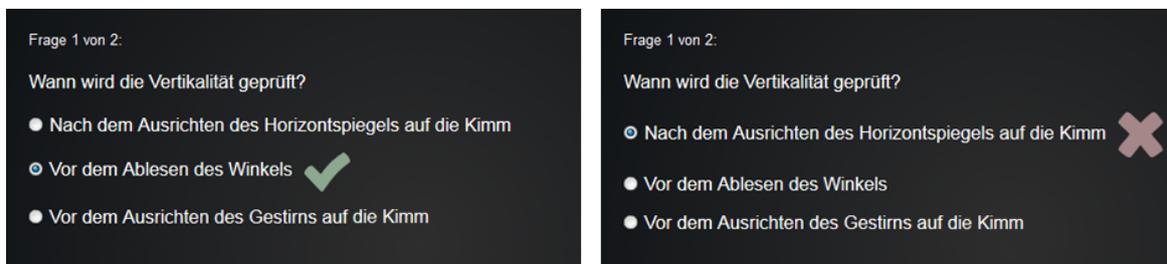


Abbildung 15: Visuelles Feedback, richtig (li.) und falsch (re.) neben der abgegebenen Antwort

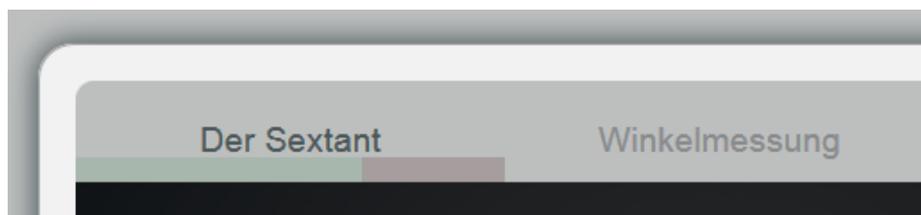


Abbildung 16: Visuelles Feedback anhand einer Lernfortschrittskontrolle unterhalb des jeweiligen Kapitels

jedes Kapitel einen Frageblock, also insgesamt drei Blöcke, durchlaufen. Konnte der Lernende bestimmte Fragen nicht richtig beantworten oder ließ sie offen, wurden ihm die

Fragen erneut gestellt, sobald er das entsprechende Kapitel ein weiteres Mal anschaute. Die offenen Fragen waren bereits ab Kapitelanfang zu sehen, somit hatte der Lernende die Möglichkeit, die Fragen anhand dem simultan ablaufenden Video zu beantworten. Darüber hinaus wurden neben den noch offenen Fragen die Antworten der bereits richtig beantworteten Fragen als Zusammenfassung angezeigt (Abbildung 17). Die Form der Fragen war entweder vom Typ *Multiplechoice (Single Choice)* oder vom Typ Lückentext, bzw. Abfragen einzelner Stichworte. Bei allen Fragen handelte es sich nach Bloom's Taxonomie um Wissensfragen (Krathwohl, 2002). Die Fragen und Antworten sind im Anhang A.3 aufgeführt.



Abbildung 17: Ansicht der Lernumgebung bei wiederholter Fragestellung.
 (1) Ergebnis nach dem ersten Fragedurchlauf
 (2) Offene Frage, die noch nicht richtig beantwortet wurde
 (3) Zusammenfassungen der bereits richtig beantworteten Fragen

Somit wurden in der Lernumgebung folgende Formen von informativem Feedback berücksichtigt (siehe Abschnitt 2.3):

KP in Form einer Lernfortschrittskontrollanzeige (Abbildung 16)

KR in Form von Symbolen neben der abgegebenen Antwort (Abbildung 15)

KCR in Form von Anzeigen der Antworten, welche im weiteren Verlauf als Kapitelzusammenfassungen fungierten

AUC in abgewandelter Form der wiederholten Anzeige der offenen Fragen, bei wiederholtem Abspielen des jeweiligen Kapitels (Abbildung 17, Anmerkung 2)

Demnach kann die Form des Feedbacks in die Kategorie *Corrective feedback* (Moreno & Mayer, 2007) eingeordnet werden.

Technische Umsetzung

Bei der technischen Umsetzung der Lernumgebung wurde vor allem auf nicht-proprietäre Software gesetzt. Zum Einsatz kamen der HTML5 Standard, Javascript, sowie folgende Javascript Bibliotheken:

- jQuery (1.9.1)
- Popcorn.js (1.3)
- modernize.js (2.6.2)

Als Template wurde HTML5 Boilerplate in der Version 4.1.0 verwendet. Dies garantierte in Kombination mit der Javascript Bibliothek „modernize.js“ eine möglichst hohe Kompatibilität bei den gängigsten Webbrowsern. Als Entwicklungsumgebung wurde Aptana Studio in der Version 3 verwendet. Folgende Dateien wurden selbstständig geschrieben:

start.html HTML Dokument für die Startseite des Versuchsaufbaus

le01.html HTML Dokument für die Lernumgebung der Kontrollgruppe

le02.html HTML Dokument für die Lernumgebung der Experimentalgruppe

le01.js Javascript Dokument für die Lernumgebung der Kontrollgruppe

le02.js Javascript Dokument für die Lernumgebung der Experimentalgruppe

control.js Javascript Dokument für die elementaren Steuerungsfunktionen des Videos für beide Gruppen

style.css CSS Dokument für das allgemeine Aussehen der Lernumgebung

le01.css CSS Dokument für das Aussehen der Lernumgebung der Kontrollgruppe

le02.css CSS Dokument für das Aussehen der Lernumgebung der Experimentalgruppe

Durch die Verwendung des neuen HTML-Standards konnte auf die native Unterstützung des Videoformats zurückgegriffen werden. Obwohl sich HTML5 noch im *working draft* Zustand befindet, bieten die aktuellsten Browser bereits gute Unterstützung. Mittels JavaScript (control.js) wurden die grundlegenden Steuerungsfunktionen eines Videoplayers

implementiert. Auf die Nutzung der nativen Browser-Videokontrollen wurde verzichtet. Somit wurde eine größere Flexibilität erreicht, die Kontrollfunktionen in das Aussehen und die Funktionalitäten der Lernumgebung anzupassen. Die Datei „control.js“ stellt folgende Funktionalitäten bereit:

Zeile 12–32 Hilfsfunktion zur Aktualisierung eines Fortschrittsbalkens (Zeitleiste oder Lautstärke) bei Interaktion mit selbigem

Zeile 45–54 Implementierung der Play/ Pause-Funktion beim Klicken auf den Darstellungsbereich (Video)

Zeile 59–68 Implementierung der Play/ Pause-Schaltfläche

Zeile 70–72 Trigger zum Umschalten der Play/ Pause-Schaltfläche beim Beenden des Videos

Zeile 77–85 Trigger zur Aktualisierung der Zeitanzeige und des Fortschrittsbalkens auf der Zeitleiste

Zeile 90–106 Implementierung der Interaktivität der Zeitleiste; Steuerung des Mouse-Down-Events, Mouse-Up-Events und Mouse-Move-Events

Zeile 111–120 Implementierung der Ton-An/ Aus-Schaltfläche

Zeile 125–142 Implementierung der Interaktivität des Lautstärkereglers; Steuerung des Mouse-Down-Events, Mouse-Up-Events und Mouse-Move-Events

Mit der JavaScript-Datei „le01.js“ werden folgende Funktionalitäten bereitgestellt, welches im wesentlichen die Kapiteleinteilung und das Anzeigen der Kapitelzusammenfassungen sind:

Zeile 18–22 Datenobjekt zur Festlegung der Kapitelanzahl, -namen, -startzeit und -endzeit

Zeile 28–63 Datenobjekt für die Kapitelzusammenfassungen

Zeile 72–96 Hilfsfunktionen zur Konvertierung von Minuten : Sekunden <--> Sekunden

Zeile 98 Globale Variable zur Sperrung der Anzeige der Kapitelzusammenfassungen bei der Interaktion mit der Zeitleiste

Zeile 115–132 Initialisierung und Funktionsbelegung der Kapitelnavigation (Abbildung 7)

Zeile 140–155 Initialisierung der Kapiteleinteilung auf der Zeitleiste (Abbildung 8)

Zeile 164–177 Trigger für die Anzeige des aktuell abspielenden Kapitels in der Kapitelnavigation (Abbildung 10) und auf der Zeitleiste

Zeile 187–198 Hilfsfunktionen für den Trigger zur Anzeige des aktuell abspielenden Kapitels

Zeile 206–240 Trigger für die Anzeige der Kapitelzusammenfassung am Ende eines Kapitels

Die JavaScript-Datei „le02.js“ bietet ähnliche Funktionalitäten wie die Datei „le01.js“, wickelt aber zusätzlich die Bereitstellung der Lernfragen ab:

Zeile 19–23 Datenobjekt zur Festlegung der Kapitelanzahl, -namen, -startzeit und -endzeit

Zeile 39–220 Datenobjekt für die Frageblöcke der einzelnen Kapitel

Zeile 229–255 Hilfsfunktionen zur Konvertierung von Minuten : Sekunden \leftrightarrow Sekunden

Zeile 262–274 Hilfsfunktion zur Deaktivierung der Videosteuererelemente während eines Frageblocks

Zeile 283–300 Funktion zur Aktualisierung des Lernfortschrittsbalkens (Abbildung 16)

Zeile 307 Globale Variable zur Sperrung der Anzeige der Frageblöcke bei der Interaktion mit der Zeitleiste

Zeile 323–355 Initialisierung und Funktionsbelegung der Kapitelnavigation (Abbildung 7) und Initialisierung der Lernfortschrittsanzeige (Abbildung 16)

Zeile 363–378 Initialisierung der Kapiteleinteilung auf der Zeitleiste (Abbildung 8)

Zeile 384–398 Trigger für die Anzeige des aktuell abspielenden Kapitels in der Kapitelnavigation (Abbildung 10) und auf der Zeitleiste

Zeile 410–426 Hilfsfunktionen für den Trigger zur Anzeige des aktuell abspielenden Kapitels

Zeile 435–452 Trigger für die Anzeige der Frageblöcke am Ende eines Kapitels

Zeile 460–546 Hilfsfunktion für den Trigger zur Anzeige des Frageblockes; Auslesen der Daten aus dem Datenobjekt für die Frageblöcke (Zeile 39–220) und Initiierung der Darstellung der Frage, Antwortoption und Antwort (Abbildung 14 und 15), sowie die Behandlung der Nutzer-Interaktion

Zeile 560–574 Funktion zur Weiterleitung der Nutzer-Antwort-Eingabe anhand des Aufgabentyps

Zeile 584–613 Funktion zur Auswertung der Nutzer-Antwort-Eingabe vom Typ *Multiplechoice* (*Single Choice*), und Aufruf der Funktion zur Aktualisierung des Lernfortschrittsbalkens

Zeile 623–670 Funktion zur Auswertung der Nutzer-Antwort-Eingabe vom Typ Texteingabe, und Aufruf der Funktion zur Aktualisierung des Lernfortschrittsbalkens

Zeile 678–688 Hilfsfunktion zum Ein- und Ausblenden der Zusammenfassungen sowie offene Fragen zum jeweiligen Kapitel (Abbildung 17) nach Beendigung des ersten Fragedurchlaufs

Zeile 695–698 Hilfsfunktion zum Löschen aller Elemente mit dem Attribut „data-remove=true“

Zeile 705–708 Hilfsfunktion zur Darstellung der offenen Fragen an erster Stelle in der Darstellung, siehe Abbildung 17

Zeile 715–735 Funktion zum Vorbereiten des Frageblocks für die Darstellung (Abbildung 17) nach dem ersten Durchlauf

Zeile 743–745 Hilfsfunktion zur Prüfung des Vorhandenseins eines Datums in einem Datenobjekt

Der Aufbau der HTML-Dokumente „le01.html“ und „le02.html“ wurde bewusst einfach gehalten, das ermöglicht eine flexiblere Handhabung. Der Aufbau stellt nur die benötigten Container bereit, um Inhalte einzufügen. Aufbau der HTML-Datei „le01.html“:

Zeile 39–57 Der Container mit der id=„one“ enthält die Kapitelnavigation (*chapterWrapper*), Anzeigebereich für das Video (*videoWrapper*) und den Container für die Kapitelzusammenfassungen (*summery*)

Zeile 59–85 Der Container mit der id=„two“ enthält die Videozeitleiste (*bar*) und den Bereich für die Videokontrolle (*ctrlWrapper*), wie Play/ Pause-Schaltfläche, Zeitanzeige und Tonkontrolle

Zeile 89 Container (*deactivate*) zur temporären Sperrung der Kontrollschaltflächen auf der Internetseite

Der Aufbau der HTML-Datei „le02.html“ ist wie folgt:

Zeile 35–58 Der Container mit der id=„one“ enthält die Kapitelnavigation (*chapterWrapper*) mit der Lernfortschrittsanzeige (*questionBars*), den Anzeigebereich für das Video (*videoWrapper*) und den Container für die Frageblöcke (*questions*)

Zeile 60–86 Der Container mit der id=„two“ enthält die Videozeitleiste (*bar*) und den Bereich für die Videokontrolle (*ctrlWrapper*), wie Play/ Pause-Schaltfläche, Zeitanzeige und Tonkontrolle

Zeile 88 Der Container mit der id=„three“ dient zum Anzeigen der Kapitelzusammenfassungen und eventuell offenen Fragen nach dem ersten Durchlauf der Frageblöcke

Zeile 92 Container (id=„deactivate“) zur temporären Sperrung der Kontrollschaltflächen auf der Internetseite

Die Implementierung der Lernumgebung wurde so angelegt, dass die gesamte Logik auf Client-Seite (*Rich-Client*) abgewickelt wird. Bei einem Einsatz innerhalb einer Client-Server-Struktur bietet diese Herangehensweise den Vorteil, dass nach einem Abrufen der Daten (Videodatei, Kapiteleinteilungen und Kapitelzusammenfassungen oder Frageblöcke) ein anschließender Offline-Einsatz möglich wäre. Entsprechende Techniken für Datenhaltung und -abgleich mit einem Server müssten noch implementiert werden, hier wäre die HTML5-Datenbank „Indexed Database API“ ein möglicher Ansatz auch im Hinblick auf einen Offline-Einsatz.

Schriftlicher Nachtest

Die Entwicklung des Nachtests bzw. die Erarbeitung der einzelnen Fragen basierte auf Bloom's Taxonomie (Krathwohl, 2002). Hierzu wurden drei Fragen aus dem Bereich Wissen, zwei Fragen aus dem Bereich Verstehen und zwei Fragen aus dem Bereich Anwenden erstellt. Alle Fragen waren offene Textfragen.

Die erste Frage aus dem Bereich Wissen hatte die einzelnen Bestandteile eines Sextanten abgefragt, Frage Zwei zielte auf den theoretischen Hintergrund beim Messen ab, Stichwort Reflexionsgesetz. Bei Frage Drei wurde das Wissen über mögliche Messfehler abgefragt, hierbei reichte die bloße Nennung.

Im Bereich Verstehen waren zwei Aufgaben zu lösen. In der ersten Frage sollte mit eigenen Worten ein in der Reihenfolge korrekter Messvorgang beschrieben werden. In der zweiten Frage aus dem Bereich Verstehen wurde eine Handlung beschrieben, die darauf abzielte, einen Bezug zu einer bestimmten Tätigkeit herzustellen und zu beschreiben, welches die Auswirkungen sind.

Die letzten beiden Fragen aus dem Bereich Anwenden beschränkten sich auf Berechnungen, da eine Prüfung mittels eines echten Sextanten nicht vorgesehen war. In der ersten Frage wurde gefordert, eine Umrechnung vorzunehmen, von Grad und Minuten in das Dezimalsystem und umgekehrt. In der letzten Frage wurde ein Messfehler definiert, welcher berechnet und korrigiert werden sollte. Der schriftliche Nachtest ist unter A.4 im Anhang zu finden.

Weitere Materialien

Neben den oben genannten Materialien kamen noch weitere Fragebögen hinzu. Zum einen ein allgemeiner Fragebogen (Anhang A.5) zur Erfassung von personenbezogenen Daten wie Geschlecht, Alter, Studiengang und Semester, zum anderen ein individueller Code zwecks Zuordnung der anderen Materialien und Daten. Weiterhin wurde mittels einer sieben stufigen Likert-Skala (1 = keine, 7 = hoch) die Erfahrung in der Bedienung von Videoplayern auf Internetseiten erfasst und die generelle Erfahrung mit multimedialen Lernumgebungen ermittelt. Des Weiteren wurde auf diesem Fragebogen das Vorwissen der Probanden anhand von vier Fragen zum Thema Sextant geprüft.

Um die kognitive Belastung der Probanden zu erfassen, wurde der Fragebogen zur subjektiven differenzierten Messung kognitiver Belastung (Anhang A.6) eingesetzt. Der

Fragebogen enthielt insgesamt elf Items zur Erfassung der subjektiven kognitiven Belastung. Die ersten drei Items erfassten, bezogen auf die Lerneinheit mit Hilfe einer siebenstufigen Likert-Skala die mentale Anstrengung (1 = sehr gering, 7 = sehr hoch), die subjektive Einschätzung über die Schwere der Lerneinheit (1 = sehr leicht, 7 = sehr schwer) und den Spaß (1 = sehr wenig, 7 = sehr viel). Die weiteren acht Items bezogen sich auf die differenzierte Messung der kognitiven Belastung, den *Intrinsic* (zwei Items), *Germane* (drei Items) und *Extraneous cognitive load* (drei Items). Auch hier wurde mittels einer siebenstufigen Likert-Skala (1 = stimmt absolut nicht, 7 = stimmt völlig) die subjektive Einschätzung erfasst. Die letzten zwei Items erfassten die Anstrengung des Lernenden und die Anstrengung beim Lernen der Lerneinheit.

Der letzte Fragebogen, der den Probanden bezüglich der Lernumgebung vorgelegt wurde, war ein Fragebogen zur graphischen Benutzeroberfläche (GUI) (Anhang A.7). Die Probanden sollten zu diversen graphischen Elementen folgende subjektive Einschätzungen mittels einer siebenstufigen Likert-Skala vornehmen. Zu einem wurde gefragt, ob ein GUI-Element wahrgenommen wurde (1 = gar nicht, 7 = sofort), zum anderen wie hilfreich sie das GUI-Element fanden (1 = nicht hilfreich, 7 = sehr hilfreich), und ob sie das GUI-Element intuitiv bedienen konnten (1 = stimmt absolut nicht, 7 = stimmt völlig). Zu folgenden GUI-Elementen wurden die Probanden befragt:

- Visuelle Interaktion zwischen Kapitel-Auswahl und Kapitel-Anzeige auf der Zeitleiste
- Kapitel-Anzeige auf der Zeitleiste
- Kontrollanzeige für die Lernleistung (nur Experimentalgruppe)

Zum Erfassen der räumlichen Fähigkeiten der Probanden wurden zwei standardisierte *Paper-Pencil-Tests* verwendet (Anhang A.8), ein Test zum Papier falten und ein Test zum Figuren drehen. Beide Tests besaßen jeweils zehn Aufgaben und hatten jeweils eine Bearbeitungszeit von drei Minuten.

4.4 Durchführung

Die Daten wurden an 16 Terminen erhoben. Auf Grund der Räumlichkeiten und der besseren Durchführbarkeit war die Teilnehmerzahl auf maximal sechs Personen beschränkt. Für jeden Teilnehmer wurde ein Laptop mit der entsprechenden Konfiguration der Lernumgebung und ein Kopfhörer bereitgestellt. Als erstes wurde den Probanden die Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie ausgehändigt, mit der Bitte zu unterschreiben. Danach wurden mittels eines Fragebogens die demographischen Daten der Teilnehmer erfasst. Darauf erfolgte eine Instruktion durch den Versuchsleiter, die die Teilnehmer über den weiteren Verlauf informierte. Die Teilnehmer wurden gebeten, sich nachfolgend ein Video anzuschauen und anschließend einen kurzen Test zu schreiben. Sie wurden darüber informiert, dass sie für die Lernphase maximal 25 Minuten und für den anschließenden Test maximal 18 Minuten Zeit hätten. Außerdem wurden die Probanden darauf hingewiesen, dass sie innerhalb der Lernphase keine schriftlichen Notizen machen dürften, das Video wiederholt anschauen dürften und sowohl die

Lernzeit als auch die Nachtestzeit frühzeitig beenden könnten. Im Anschluss an die Instruktion wurde anhand eines Fragebogens das Vorwissen erfasst und die Erfahrung des Lernmediums. Nachdem alle Teilnehmer bereit für die Lernphase waren, wurde bei jedem Teilnehmer die Desktopaufzeichnung mit dem Programm „oCam“ von oh!soft gestartet. Die Probanden setzten sich die Kopfhörer auf und konnten mit der Lernphase beginnen. Nach Beenden der Lernphase wurde den Probanden der Fragebogen zur subjektiven differenzierten Messung kognitiver Belastung ausgehändigt, mit der Bitte ihn auszufüllen. Im Anschluss konnten die Teilnehmer mit dem Nachtest beginnen, vorab wurden sie noch einmal darauf hingewiesen, dass sie eine maximale Bearbeitungszeit von 18 Minuten hätten. Nach Beenden des Nachtests wurde den Teilnehmern erneut der Fragebogen zur subjektiven differenzierten Messung kognitiver Belastung ausgehändigt. Anschließend erhielten die Probanden den Fragebogen zur Bewertung der GUI ausgehändigt. Als letzter Schritt wurden bei den Probanden mittels eines standardisierten Tests die räumlichen Fähigkeiten erfasst. Dieser Test war in zwei Abschnitte unterteilt. Im ersten Teil ging es um Papier falten, im zweiten Teil um Figuren drehen. Der Ablauf für beide Teile war identisch. Die Probanden bekamen eine Anleitung, welche sie sich aufmerksam durchlasen. Im Anschluss daran hatten sie drei Minuten Zeit, den eigentlichen Test zu bearbeiten. Es mussten jeweils zehn Items bearbeitet werden. Nach Abschluss der Untersuchung erhielten die Probanden ihre Aufwandsentschädigung und bestätigten den Erhalt mit einer Unterschrift. Anschließend konnten die Teilnehmer noch Fragen bezüglich der Studie stellen. Zum grundsätzlichen Ablauf sei anzumerken, dass alle Teilnehmer gemeinsam mit der Lernphase starteten, danach stellte sich bei den Teilnehmern ein zeitlicher Versatz ein (individuelle Beendigung der Lernphase). Jeder Teilnehmer konnte aber mit der Untersuchung so fortfahren, dass keine Wartezeiten für den einzelnen entstanden.

5 Ergebnisse

Alle nachfolgenden Ergebnisse wurden mittels univariater Varianzanalyse berechnet, unter Verwendung des Programms IBM SPSS Statistics Version 21. Wie aus der Tabelle 3 ersichtlich ist, konnte die Hypothese 1 nicht angenommen werden, da kein signifikanter Unterschied zwischen der Kontrollgruppe und der Experimentalgruppe festzustellen war. Die Hypothese 1 wurde zugunsten der dazu korrespondierenden Nullhypothese verworfen. Teilt man den Nachtest in zwei Kategorien, Faktenwissen und Verständnis (Verstehen und Anwenden), wurde folgendes Ergebnis sichtbar: Die Faktoren Interaktion und Feedback hatten keinen signifikanten Einfluss auf das Verständnis zwischen der Kontrollgruppe und der Experimentalgruppe. Hingegen konnte beim Erlernen von Faktenwissen ein marginal signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt werden, allerdings zugunsten der Kontrollgruppe, nähere Erläuterungen bzw. Überlegungen hierzu im Diskussionsteil (Abschnitt 6).

Tabelle 3: Untersuchungsergebnisse Nachtest

		Interaktion & Feedback gering	Interaktion & Feedback hoch	<i>F</i>	<i>df</i> ₁	<i>df</i> ₂	<i>p</i>	η^2
Nachtest (max. 18)	<i>M</i>	11.88	11.44	0.14	1	32	.71	0.00
	<i>SD</i>	3.30	3.54					
	<i>n</i>	17	17					
Nachtest - Wissen (max. 8)	<i>M</i>	6.47	5.56	3.32	1	32	.08	0.09
	<i>SD</i>	1.01	1.80					
	<i>n</i>	17	17					
Nachtest - Verstehen & Anwenden (max. 10)	<i>M</i>	5.41	5.88	0.31	1	32	.58	0.01
	<i>SD</i>	2.71	2.23					
	<i>n</i>	17	17					

In Tabelle 4 sind die Ergebnisse der Messung der kognitiven Belastung nach der Lernphase aufgeführt. Die allgemeine mentale Belastung nach der Lernphase war bei beiden Gruppen fast identisch, hier ergab sich kein signifikanter Unterschied. Ebenso bei den drei verschiedenen Arten der kognitiven Belastung konnten zwischen der Kontrollgruppe und der Experimentalgruppe keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Das Ergebnis der *Intrinsic cognitive load*-Messung war zu erwarten, da keine inhaltlichen Unterschiede bezüglich des Lernmaterials vorhanden waren. Bei beiden Gruppen lag die *Intrinsic cognitive load* im mittleren Bereich. Die erwartete Erhöhung der *Germane Cognitive Load* bei der Experimentalgruppe trat nicht ein. Allerdings wiesen beide Gruppen hier einen hohen Wert auf (Kontrollgruppe ($M = 6.18$, $SD = 0.80$) und Experimentalgruppe ($M = 6.20$, $SD = 0.85$)).

Tabelle 4: Untersuchungsergebnisse der kognitiven Belastung nach der Lernphase

		Interaktion & Feedback gering	Interaktion & Feedback hoch	<i>F</i>	<i>df</i> ₁	<i>df</i> ₂	<i>p</i>	η^2
Cognitive Load Lernphase (max. 7)	<i>M</i>	4.71	4.77	0.02	1	30	.89	0.00
	<i>SD</i>	1.32	1.42					
	<i>n</i>	17	17					
Intrinsic Cognitive Load Lernphase (max. 7)	<i>M</i>	4.59	4.83	0.26	1	30	.62	0.01
	<i>SD</i>	1.45	1.53					
	<i>n</i>	17	17					
Germane Cognitive Load Lernphase (max. 7)	<i>M</i>	6.18	6.20	0.01	1	31	.93	0.00
	<i>SD</i>	0.80	0.85					
	<i>n</i>	17	17					
Extraneous Cognitive Load Lernphase (max. 7)	<i>M</i>	2.22	2.47	0.43	1	32	.52	0.01
	<i>SD</i>	1.09	1.19					
	<i>n</i>	17	17					

Die Messung der kognitiven Belastung im Anschluss an den Nachtest (Tabelle 5) ergab eine gering höhere Belastung des allgemeinen *Cognitive Load*, aber keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen. Ebenso war auch hier kein signifikanter Unterschied

bezüglich des *Germane cognitive load* vorhanden, die Werte bei beiden Gruppen bewegten sich ebenfalls auf einem hohen Niveau. Der *Intrinsic cognitive load* blieb hier ebenso wie bei der ersten Messung auf mittlerem Niveau und zeigte auch hier keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen. Allerdings zeigte sich bei der zweiten Messung des *Extraneous cognitive load* ein signifikanter Unterschied zu Ungunsten der Experimentalgruppe. Aufgrund der geringen Effektstärke ist diesem Ergebnis eine eher untergeordnete Bedeutung beizumessen, weitere Überlegungen hierzu im Abschnitt 6.

Tabelle 5: Untersuchungsergebnisse der kognitiven Belastung nach dem Nachtest

		Interaktion & Feedback gering	Interaktion & Feedback hoch	<i>F</i>	<i>df</i> ₁	<i>df</i> ₂	<i>p</i>	η^2
Cognitive Load Nachtest (max. 7)	<i>M</i>	5.59	5.23	0.92	1	31	.34	0.03
	<i>SD</i>	0.80	1.40					
	<i>n</i>	17	17					
Intrinsic Cognitive Load Nachtest (max. 7)	<i>M</i>	4.15	4.29	0.13	1	32	.72	0.00
	<i>SD</i>	1.04	1.32					
	<i>n</i>	17	17					
Germane Cognitive Load Nachtest (max. 7)	<i>M</i>	5.29	5.32	0.01	1	32	.94	0.00
	<i>SD</i>	0.99	1.31					
	<i>n</i>	17	17					
Extraneous Cognitive Load Nachtest (max. 7)	<i>M</i>	2.47	3.47	6.18	1	32	.02	0.16
	<i>SD</i>	0.89	1.40					
	<i>n</i>	17	17					

Basierend auf den vorangegangenen Ergebnissen können die weiteren Hypothesen wie folgt bewertet werden: Hypothese 2 konnte ebenfalls nicht bestätigt werden. Hinsichtlich der Erhöhung der *Germane cognitive load* durch Interaktion und Feedback ergab sich bei beiden Messungen kein signifikanter Unterschied, somit muss Hypothese 2 ebenfalls zu Gunsten der korrespondierenden Nullhypothese verworfen werden.

Bei der Hypothese 3 ergab sich auf Basis der Ergebnisse folgendes Bild: Bei der ersten Messung des *Extraneous cognitive load* nach der Lernphase wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den Versuchsgruppen festgestellt. Allerdings ergab sich bei der zweiten Messung ein signifikanter Unterschied zu Ungunsten der Experimentalgruppe. Aufgrund der geringen Effektstärke und der sich daraus ergebenden Tatsache, dass hier keine praktische Bedeutung vorliegt, kann die Hypothese 3 trotzdem bestätigt werden.

Die Hypothese 4 konnte erwartungsgemäß bestätigt werden, da kein Unterschied bezüglich des Informationsgehalts des Lernmaterials zwischen der Kontrollgruppe und der Experimentalgruppe vorhanden war.

6 Diskussion

Wie im vorherigen Abschnitt 5 zu sehen ist, konnte die Hypothese 1 nicht bestätigt werden. Der Grund weshalb sich keine signifikante Erhöhung des Lernerfolgs erzielen

ließ, kann unter zwei Gesichtspunkten gesehen werden, zum einen aus gestalterischer Sicht, zum anderen aus didaktischer Sicht.

Betrachtet man zunächst den gestalterischen Aspekt, lässt sich ein möglicher Störfaktor aufführen, der eine eventuelle Erhöhung des Lernerfolgs bei der Experimentalgruppe erschwert hat. Und zwar lag der Anzeigebereich der Kapitelzusammenfassungen, wie in Abschnitt 4.3 beschrieben, unterhalb des Anzeigebereichs des Videos bzw. der Videokontrollfunktionen. Dadurch trat folgende Situation ein: Wie in Abbildung 18 zu sehen ist, lag der dort dunkelgrau markierte Bereich außerhalb des Anzeigefensters. Demzufolge lagen die Informationen nicht mehr im direkten Fokusbereich des Betrachters. Zudem war der

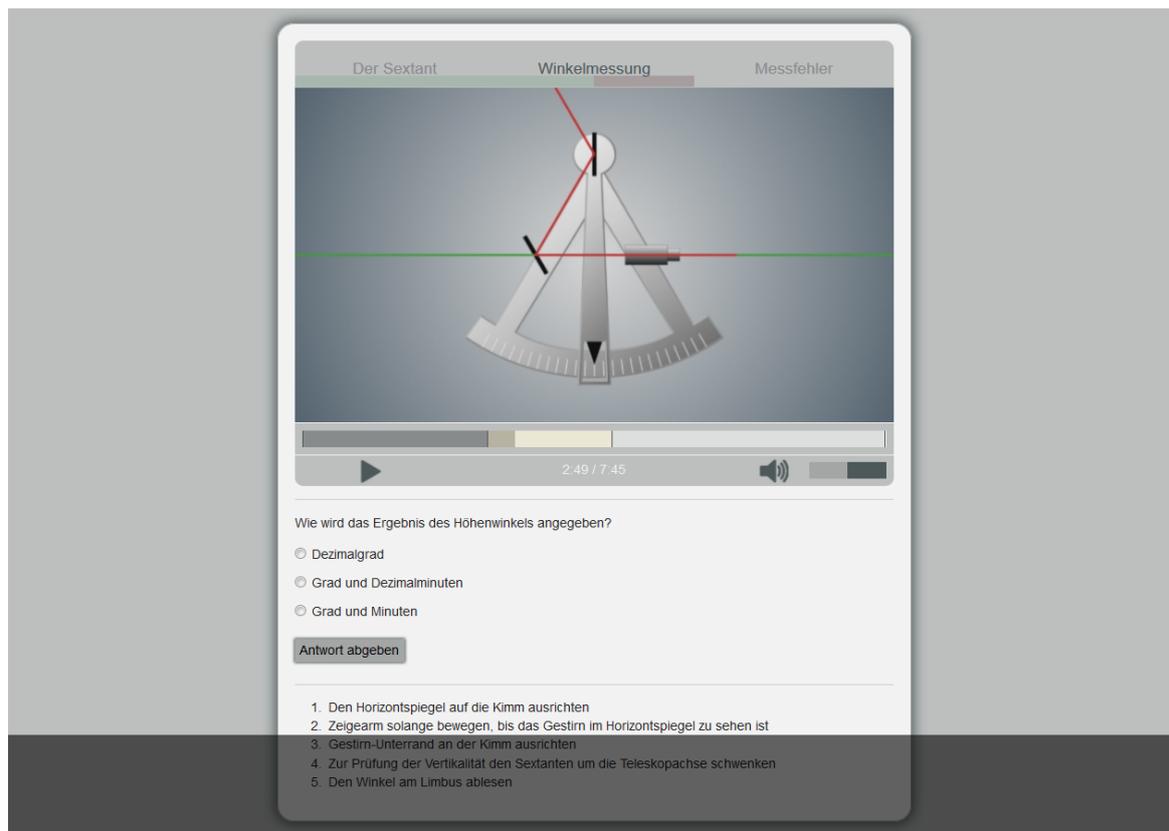


Abbildung 18: Eingeschränkter Anzeigebereich der Lernumgebung

Betrachter gezwungen, sich mittels der Steuerleiste des Anzeigebereichs die Informationen aktiv sichtbar zu machen. Der Betrachter konnte sich die Zusammenfassungen zwar vollständig anzeigen lassen, zeitgleich war aber der Anzeigebereich des Videos nicht mehr als Ganzes zu sehen. Auch wenn die Informationen zum Kapitel permanent eingeblendet waren, musste der Betrachter zwischen zwei Bereichen hin und her schwenken. Vergleicht man dies mit der Lernumgebung der Kontrollgruppe, bei der die Kapitelzusammenfassungen innerhalb des Anzeigebereichs des Videos verblieben, könnte es bei der Experimentalgruppe zu einer geringeren Beachtung der Zusammenfassungen und zu einer geteilten Aufmerksamkeit geführt haben. Hier könnte eine Verletzung des räumlichen Kontiguitätsprinzips vorliegen (Mayer & Moreno, 2010). Ein möglicher Indikator für diese Überlegung kann die signifikante Erhöhung des *Extraaneous cognitive load* der

Experimentalgruppe bei der zweiten Messung der kognitiven Belastung sein. Hier wird den meisten Teilnehmern aufgefallen sein, dass sie die Fragen bei stärkerer Beachtung der Zusammenfassungen innerhalb des Nachtest besser hätten beantworten können, und sie dadurch die Darstellung der Lerneinheit als nicht mehr so optimal empfanden.

Wie bereits erwähnt, kann auch aus didaktischer Sicht die postulierte Annahme aus Hypothese 1 nicht eingetreten sein. Die Faktoren, die hier Einfluss hätten nehmen sollen, waren Interaktion in Kombination mit dem Prinzip der Lernfragen, und Feedback in Form von *Corrective Feedback*. Aufgrund des Zusammenspiels von Interaktion und Feedback kann an dieser Stelle keine differenzierte Aussage getroffen werden, ob der Faktor Interaktion in Kombination mit den Lernaufgaben oder das daraus resultierende Feedback für eine Verwerfung der Hypothese 1 verantwortlich ist. Trotzdem sollte ein differenzierter Blick darauf geworfen werden, welche einzelnen Zusammenhänge bei den Faktoren von Interaktion in Kombination mit Lernfragen und Feedback Einfluss genommen haben.

Der Einflussfaktor Interaktion wird hier vor dem Hintergrund diskutiert, dass *Corrective feedback* keinen Einfluss genommen hat. Diese vorweg genommene Annahme wird unter anderem bei der Betrachtung der Messwerte zum *Germane cognitive load* näher erläutert. Die intellektuelle Anforderung der Lernfragen bewegte sich hier in der Klassifizierung Wissen, die erste Stufe nach Bloom's Taxonomie (Krathwohl, 2002). Leider bleibt an dieser Stelle die Frage offen ob eine höhere Form des didaktischen Dialogs (Verstehen- und Anwenden-Fragen) einen stärkeren Effekt auf die Lernleistung gehabt haben könnte. Dies könnte eventuell ein Ansatz für eine Folgestudie sein. Zumindest zeigte sich, dass die Nutzung von reinen Wissensaufgaben in diesem Falle keine Steigerung gegenüber den Kapitelzusammenfassungen erreicht hat. Zieht man nun die nach Mayer und Chandler (2001) empirisch fundierte Aussage mit in Betracht, dass die systembedingte Interaktion keinen wesentlichen Einflussfaktor darstellt und lässt diese außen vor, erhärtet sich der Verdacht, dass eine Kapitelzusammenfassung in diesem Zusammenhang eine ähnliche Wirkung zeigt wie Lernfragen auf der Taxonomiestufe Wissen. Besonders dann, wenn wie im vorliegenden Untersuchungsdesign der Informationsgehalt, bezogen auf die Zusammenfassungen und die Antworten, identisch ist. In Summe bedeutet das, dass die didaktische Interaktion in dieser Form nicht ausreichend war.

Betrachtet man den Faktor Feedback, muss die von Moreno und Mayer (2007) vorgenommene Klassifizierung herangezogen werden. Moreno und Mayer (2007) unterscheiden Feedback in zwei Formen, und zwar in den wie hier in der Studie eingesetzten *Corrective feedback* und in den *Explanatory feedback*. Weiterhin wurde durch Moreno und Mayer (2007, 2010) empirisch nachgewiesen, dass *Explanatory feedback* in Kombination mit *Corrective feedback* einen höheren Stellenwert einnimmt als der *Corrective feedback* alleine. Besonders positiv wirkte sich diese Kombination bei Novizen aus, da sie aufgrund ihrer mangelnden Fachkenntnisse Schwierigkeiten haben, ihre Fehler selbstständig zu analysieren. Bei Experten hingegen reicht oft schon ein *Corrective feed-*

back aus (Moreno & Mayer, 2007). Da bei allen Probanden kein Vorwissen festgestellt werden konnte, kann dies ein Indiz dafür sein, dass *Corrective feedback* alleine hier nichts ausrichten konnte. Allerdings bleibt auch hier, ähnlich wie bei den Lernaufgaben, die Frage offen, ob eine höhere Form des Feedbacks (*Explanatory feedback*) in diesem Szenario einen Mehrwert erbracht hätte. Sieht man dies im Zusammenhang mit den erfassten Daten zum *Germane cognitive load*, liegt die Annahme nahe, dass Feedback, wie er hier eingesetzt wurde, keinen ausreichenden mentalen Prozess anregte, um den *Germane cognitive load* zu erhöhen. Selbst unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die Kontrollgruppe im Vergleich zur Experimentalgruppe keinerlei Feedback hinsichtlich ihrer Lernleistung erfuhr, konnte keine Erhöhung festgestellt werden, natürlich mit der Einschränkung, dass sie auch keines erwarteten.

Diese Überlegungen finden in den Messungen des *Germane cognitive load* Bestätigung. Hier fällt auf, dass durchgängig bei beiden Gruppen hohe Messwerte erzielt wurden. Allerdings stellte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen heraus. Somit kann die postulierte Hypothese 2, die davon ausging, dass eine Erhöhung der *Germane cognitive load* durch Interaktion und Feedback erzielt wird, nicht bestätigt werden. Folgende Maßnahmen im *Instructional Design* wurden berücksichtigt, die eigentlich eine Erhöhung bei der Experimentalgruppe hätten herbeiführen sollen: Wie bereits ausgeführt, kam prinzipiell Feedback zum Einsatz, was nach Moreno und Mayer (2007, 2010) ein Einflussfaktor auf den *Germane cognitive load* ist. Zum anderen wurde Interaktion in der Ausprägung als Lernaufgaben eingesetzt, was ebenfalls eine Methode zur Steigerung der *Germane cognitive load* ist (Seufert et al., 2004). Somit hätten beide Faktoren einen Einfluss auf den *Germane cognitive load* haben müssen. Wie bereits vorangehend angenommen, kann die Form *Corrective Feedback* einen zu schwachen Anreiz gehabt haben, um den *Germane cognitive load* zu erhöhen. Gleiches gilt entsprechend für die Lernfragen. Man muss in die Überlegungen mit einbeziehen, dass Lernende die Lerneinheit als Gesamtes sehen, d. h. dass die Differenz zwischen dem Video mit dessen animierten Inhalten und den Faktoren Interaktion und Feedback so gering war, dass sich diese Einflussfaktoren auf den *Germane cognitive load* nicht klar genug heraus kristallisierten. Ein Indiz dafür könnte sein, dass auch die Kontrollgruppe einen hohen Messwert bezüglich des *Germane cognitive load* aufwies. Dieser Wert lässt sich nur auf die didaktische Gestaltung des Videomaterials zurück führen. Um abschließend die Frage zu klären, inwieweit die Faktoren miteinander interagieren, hätte man ein differenzierteres Untersuchungs-Design zu Grunde legen müssen, welches die einzelnen Faktoren stärker voneinander trennt.

Das Eintreten der Hypothese 4 war nicht unbedingt selbstverständlich, aber dennoch in vollem Umfang zu erwarten. Bei beiden Messungen zur kognitiven Belastung bewegten sich die Werte im mittleren Bereich und wiesen keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen auf. Wie von Moreno und Mayer (2007) beschrieben, stellt Feedback keinen Einflussfaktor auf die *Intrinsic cognitive load* dar. Ebenso bei der Interaktion in Kombination mit Lernfragen, hier ergibt sich ebenfalls kein Einfluss auf die

Intrinsic cognitive load, da die Methodik Lernfragen einen förderlichen Aspekt bezüglich der *Germane cognitive load* darstellt (Seufert et al., 2004). Der einzige Einflussfaktor auf den *Intrinsic cognitive load* war, neben der Modalität, welcher bei vertonten Videos erwartungsgemäß vorhanden ist, die Segmentierung des Lernmaterials (Mayer & Moreno, 2010). Diese Unterteilung in Form von Kapiteln war bei beiden Gruppen vorhanden, lediglich der Zweck war ein anderer. Bei der Kontrollgruppe wurden die Zusammenfassungen angezeigt, bevor im Video fortgefahren werden konnte, bei der Experimentalgruppe erfolgte das durchlaufen der Frageblöcke.

Zur Messung der *Extraneous cognitive load* muss darauf hingewiesen werden, dass sich bei den beiden Messungen, Lernphase und Nachtest, kein einheitliches Bild abzeichnete. Allerdings sei nochmals angemerkt, dass der signifikante Unterschied bei der zweiten Messung (Nachtest) eher von geringer praktischer Bedeutung ist, da die Effektstärke schwach ausgeprägt ist. Überlegungen zum zweiten Messergebnis der *Extraneous cognitive load* wurden bereits oben ausgeführt. Prinzipiell lässt sich aus der statistischen Auswertung schließen, dass diese einfachen Formen der didaktischen Interaktion und des Feedbacks, mit all den Überlegungen, die zu diesen Faktoren bereits aufgeführt wurden, keinen wesentlichen Einfluss auf die *Extraneous cognitiv load* haben. Wohl auch, da die interaktive Handhabung der Lernfragen nicht in direkten Kontakt zum dargestellten Video und den relevanten Informationen gebracht wird.

Trotzdem konnte beobachtet werden, dass 70,6 Prozent der Teilnehmer aus der Experimentalgruppe die Lernaufgaben zu 100% abgeschlossen haben. Sieht man dieses Verhalten in Kombination mit der Tatsache, dass innerhalb der Experimentalgruppe der Item „Spaß_{Lernphase}“ (Item 3, Fragebogen zur subjektiven differenzierten Messung kognitiver Belastung, Anhang A.6) einen erhöhten Mittelwert ($M = 5.00$, $SD = 1.41$) aufweist, kann vermutet werden, dass ein Motivationaler-Faktor vorliegt bzw. ein kausaler Zusammenhang besteht. Hier war aber die Messung mittels eines einzelnen Items nicht ausreichend, um eine fundierte Aussage treffen zu können. Dies müsste konkreter in einer Folgeuntersuchung überprüft werden.

Tabelle 6: Befragungsergebnisse GUI-Elemente

		Visuelle Interaktion zwischen Kapitelnavigation und Zeitleiste (Abbild 13)	Kapiteleinteilung auf der Zeitleiste (Abbild 8)
Hilfreich (max. 7)	<i>M</i>	6.15	6.29
	<i>SD</i>	1.11	1.14
	<i>n</i>	34	34
Intuitiv bedienbar (max. 7)	<i>M</i>	6.15	6.26
	<i>SD</i>	1.08	1.26
	<i>n</i>	34	34

Weitere Erkenntnisse, die aus dieser Studie gezogen werden können, betreffen die Befragung zu einzelnen GUI-Elementen, welche dem Nutzer in der Lernumgebung bereitgestellt wurden. Wie aus Tabelle 6 zu entnehmen ist, kann hier festgehalten werden,

dass alle abgefragten GUI-Elemente durchweg positiv beim Nutzer ankamen. Ebenso empfanden die Probanden der Experimentalgruppe auch die Lernfortschrittskontrolle als hilfreich ($M = 5.71$, $SD = 1.65$). Daraus lässt sich ersehen, dass visuelle Hilfestellungen und visuelle Rückmeldungen durchaus erwünscht sind, allerdings sollten gerade Feedback-Anzeigen mit komplexeren Dialogstrukturen verbunden werden, um auch einen Mehrwert für den Lernerfolg zu erzielen.

Literaturverzeichnis

- Ayres, P. & Sweller, J. (2005). The split-attention principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 135–146). Cambridge: Cambridge University Press.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556–559.
- Betrancourt, M. (2005). The animation and interactivity principles in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 287–296). Cambridge: Cambridge University Press.
- Dittler, U. (2011). *E-Learning: Einsatzkonzepte und Erfolgsfaktoren des Lernens mit interaktiven Medien* (3.). München: Oldenbourg.
- IZHD Uni Hamburg. (n. d.). Feedback im Lernprogramm. Zugriff 24. Juli 2013, unter <http://www.zhw.uni-hamburg.de/edidakt/modul/nonflash/index.php?id=147>
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of bloom's taxonomy: an overview. *Theory into practice*, 41(4), 212–218.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 31–48). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. & Chandler, P. (2001). When learning is just a click away: does simple user interaction foster deeper understanding of multimedia messages? *Journal of educational psychology*, 93(2), 390–397.
- Mayer, R. E. & Moreno, R. (2010). Techniques that reduce extraneous cognitive load and manage intrinsic cognitive load during multimedia learning. In *Cognitive load theory* (pp. 131–152). New York: Cambridge University Press.
- Merkt, M., Weigand, S., Heier, A., & Schwan, S. (2011). Learning with videos vs. learning with print: the role of interactive features. *Learning and Instruction*, 21(6), 687–704.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*, 63(2), 81–97.
- Moreno, R. & Mayer, R. E. (2007). Interactive multimodal learning environments. *Educational Psychology Review*, 19(3), 309–326.
- Moreno, R. & Mayer, R. E. (2010). Techniques that increase generative processing in multimedia learning: open questions for cognitive load research. In *Cognitive load theory* (pp. 153–177). New York: Cambridge University Press.
- Moreno, R. & Park, B. (2010). Cognitive load theory: historical development and relation to other theories. In *Cognitive load theory* (pp. 9–28). New York: Cambridge University Press.
- Narciss, S. (2006). *Informatives tutorielles Feedback. Entwicklungs- und Evaluationsprinzipien auf der Basis instruktionspsychologischer Erkenntnisse*. Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie. 56. Münster u.a.: Waxmann.
- Niegemann, H. M., Domagk, S., Hessel, S., Hein, A., Hupfer, M. & Zobel, A. (2008). *Kompendium multimediales Lernen*. Berlin: Springer.

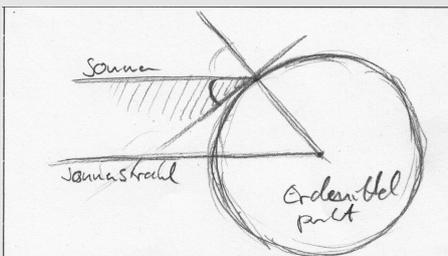
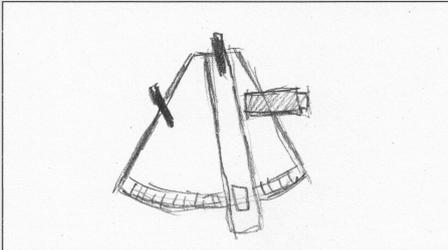
- Niegemann, H. M., Hessel, S., Hochscheid-Mauel, D., Aslanski, K., Deimann, M. & Kreuzberger, G. (2004). Video in E-Learning-Umgebungen. In *Kompodium E-Learning* (S. 147–155). Berlin Heidelberg: Springer.
- Petko, D. & Reusser, K. (2005). Das Potential von interaktiven Lernressourcen zur Förderung von Lernprozessen. In D. Miller (Hrsg.), *E-Learning: Eine multiperspektivische Standortbestimmung* (S. 183–207). Bern: Haupt.
- Seufert, T., Leutner, D. & Brünken, R. (2004). *Psychologische Grundlagen des Lernens mit neuen Medien*. Weiterbildendes Fernstudium Medien Bildung. Rostock: Univ., Zentrum für Qualitätssicherung im Studium und Weiterbildung.
- Strzebkowski, R. & Kleeberg, N. (2002). Interaktivität und Präsentation als Komponenten multimedialer Lernanwendungen. In *Information und Lernen mit Multimedia und Internet: Lehrbuch für Studium und Praxis* (S. 228–245). Weinheim: BeltzPVU.
- Sweller, J. (2010). Cognitive load theory: recent theoretical advances. In *Cognitive load theory* (pp. 29–47). New York: Cambridge University Press.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational psychology review*, 10(3), 251–296.

A Anhang

A.1 Storyboard Video - Der Sextant

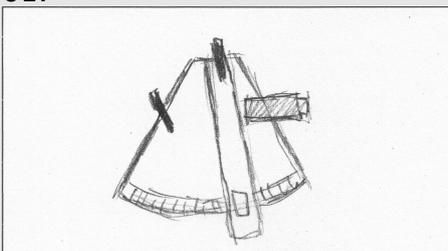
Szenenbilder

Intro



Szenenbilder

01.



Off-Kommentar

In diesem Video soll Ihnen die grundlegende Handhabung eines Sextanten näher gebracht werden.

Danach sollten Sie in der Lage sein einen korrekten Höhenwinkel zu messe.

Der Sextant ist im Prinzip ein sehr genaues Winkelinstrument.

Dieses nautische und optische Messinstrument misst den Winkel zwischen der Horizontlinie, auch Kimm genannt, und einem Gestirn.

Mit dem gemessenen Höhenwinkel kann, vornehmlich in der Seefahrt, eine Positionsbestimmung durchgeführt werden.

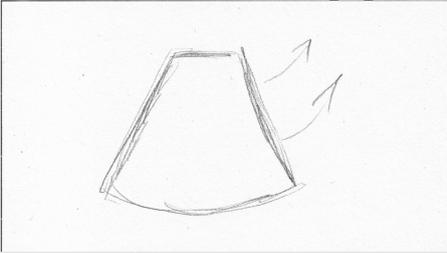
Aber auch in der Landvermessung, Geodäsie, wurde er genutzt, ebenso zur Höhen- und Entfernungsbestimmung, sowie in der Luftfahrt.

Off-Kommentar

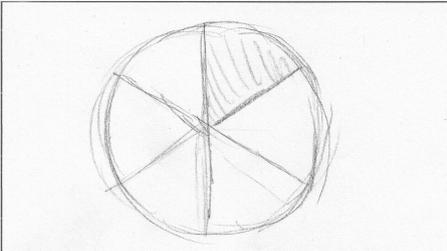
Bevor wir uns mit dem Messverfahren beschäftigen, wollen wir uns zunächst mit den einzelnen Bestandteile des Sextanten vertraut machen.

02.

- alle Bauteile außer Kreissektor ausblenden
- Kreissektor um 180° gegen UZS drehen

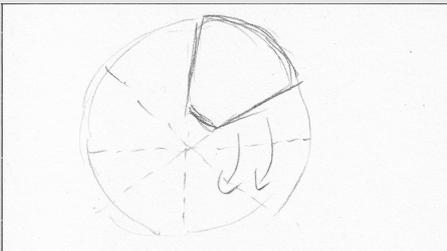


03.

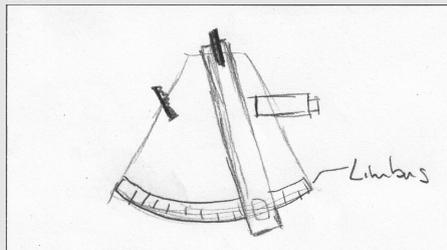


04.

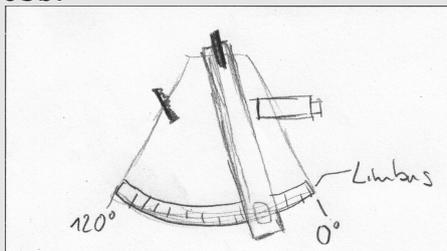
- Transformation von 02 auf 03 reverse



05a.



05b.



Der Hauptbestandteil eines Sextanten, der auch zugleich Namensgebend war, ist ein Kreissektor in Form eines Sechstelkreises.

VARIANTE:

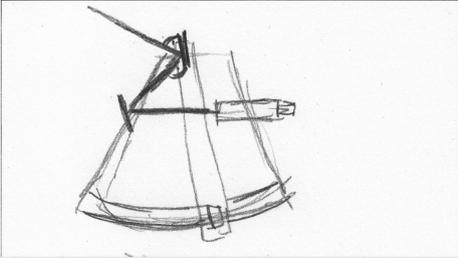
Der Hauptbestandteil eines Sextanten ist ein Kreissektor in Form eines Sechstelkreises.

SYNCRON ZU 05a

Dieser Kreissektor besitzt eine Gradeinteilung, den Limbus.

Die Gradeinteilung hat einen Bereich von 0 bis 120 Grad.

06.

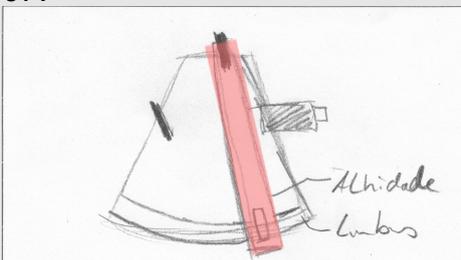


- Strahlengang animieren
- Eingangs- gleich Ausgangswinkel farbig hervorheben

Aufgrund des Reflexionsgesetzes ist der Reflexionswinkel doppelt so groß wie der Schwenkwinkel des Zeigearms.

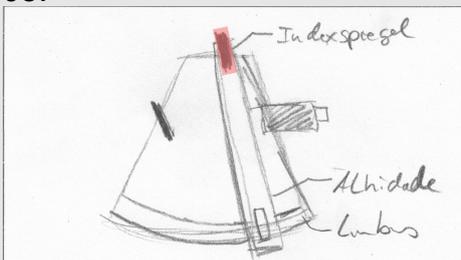
Mit einem sechzigstel Kreissektor lässt sich also ein Höhenwinkel von maximal 120 Grad messen.

07.



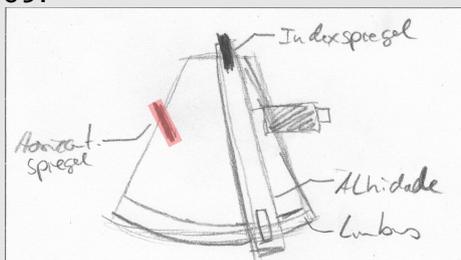
Weitere wesentliche Bestandteile sind der Zeigearm, auch Alhidade genannt; *PAUSE*

08.



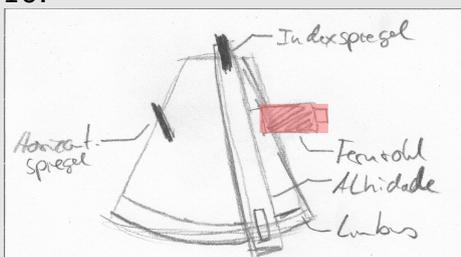
Der Indexspiegel; *PAUSE*

09.



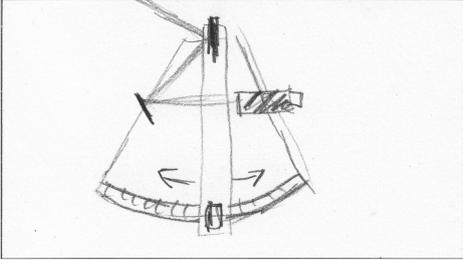
Der Horizontspiegel; *PAUSE*

10.



Und ein Fern- oder Sehrohr.

11.

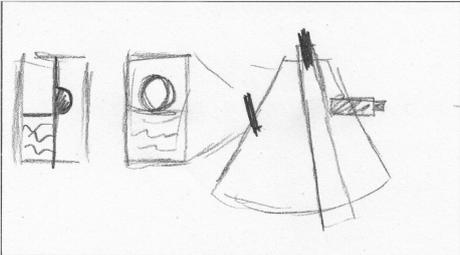


- Zeigearm vor und zurück bewegen
- Strahlengang Indexspiegel mit animieren

Der Zeigearm, Alhidade, ist beweglich, so lässt sich der zu messende Winkel einstellen und ablesen.

Fest mit ihm verbunden ist der Indexspiegel.

12.



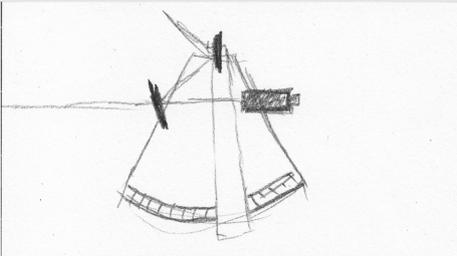
- Spiegelvariante Vollsicht einblenden
- Spiegelvariante Halbspiegel einblenden

Den Horizontspiegel, welcher wiederum mit dem Korpus fest verbunden ist, gibt es in zwei Varianten.

Und zwar als halbdurchlässigen Vollsichtspiegel *PAUSE*

oder er hat eine verspiegelte rechte Seite und eine lichtdurchlässige linke Seite.

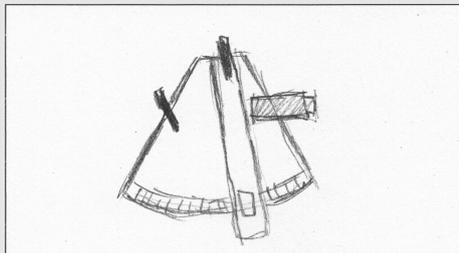
13.



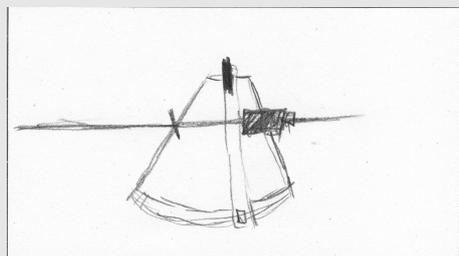
Das Fernrohr wiederum ist auf den Horizontspiegel gerichtet und dient zum Anvisieren der Ziele.

Szenenbilder

01.

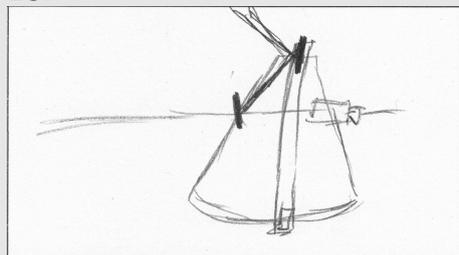


14.



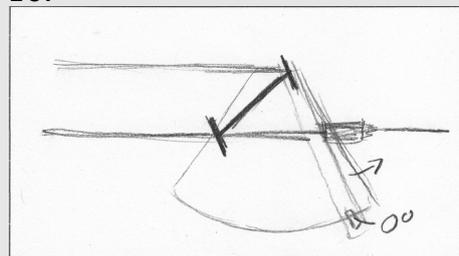
- Strahlengang animieren

15.



- Strahlengang animieren

16.



Off-Kommentar

Der Sextant verfügt über zwei Strahlengänge.

Der direkte Strahlengang, hier grün dargestellt, verläuft geradlinig von einem anzupeilendem Objekt, in der Regel die Horizontlinie, durch den Horizontspiegel hindurch zum Fernrohr.

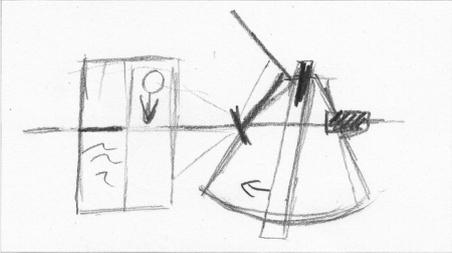
Der indirekte Strahlengang, hier rot dargestellt, wird vom anderen Messobjekt über den Indexspiegel zum Horizontspiegel umgeleitet.

Zu Beginn der Messung stellen wir die Alhidade auf Null Grad.

Somit sind beide Strahlengänge auf das gleiche Objekt ausgerichtet.

Nun blicken wir durch das Fernrohr und somit auf den Horizontspiegel und richten diesen auf die Kimm aus.

17.

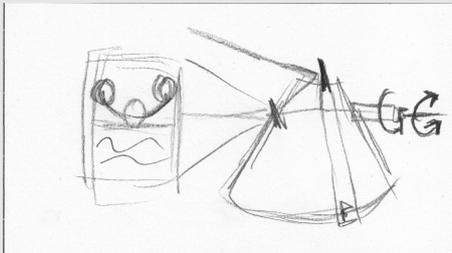


Jetzt bewegen wir die Alhidade so weit nach vorne, bis das Gestirn im Horizontspiegel zu sehen ist.

Zur präziseren Messung wird hier, besonders bei großen Gestirnen, der Rand mit der Horizontlinie zur Deckung gebracht.

Anschließend müssen wir noch sicherstellen, dass der Sextant absolut vertikal ausgerichtet ist.

18.



Hierzu schwenken wir den Sextanten um die Teleskopachse, dabei darf das Gestirn die Horizontlinie nicht unterschreiten.

Würden wir die Vertikalität nicht prüfen, könnte es sein, dass wir einen zu großen Höhenwinkel messen.

Den nun eingestellten Winkel können wir am Limbus ablesen.

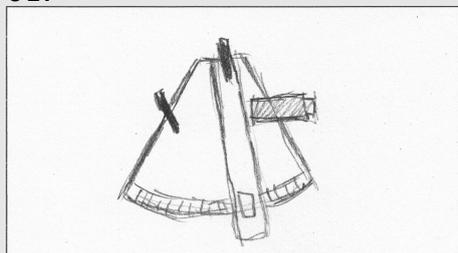
Der gemessene Winkel wird, im Unterschied zum Dezimalsystem, in Grad und Minuten angegeben.

Hierbei entspricht eine Winkelminute einem sechzigstel Grad.

Szenenbilder

Off-Kommentar

01.

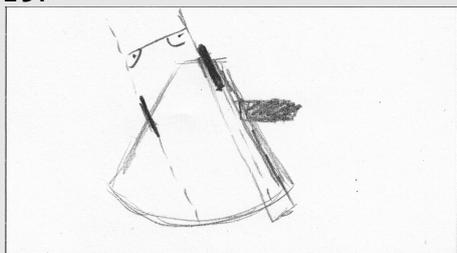


Trotz aller Präzision beim Messen müssen einige Fehler berücksichtigt werden.

Kein Präzisionsgerät ist so exakt, dass es absolut fehlerfrei ist.

Ein Teilfehler, den wir leicht selber ermitteln können, ist der Indexfehler.

19.

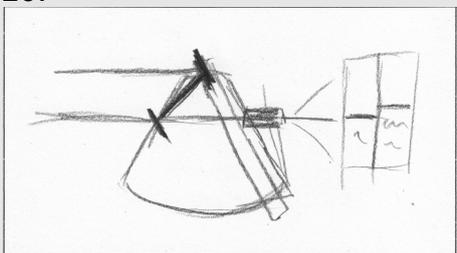


Dieser Fehler ist vorhanden, wenn bei der Nullstellung des Sextanten der Indexspiegel und der Horizontspiegel nicht parallel zueinander sind.

Um zu prüfen, ob der Fehler vorliegt, gehen wir wie folgt vor:

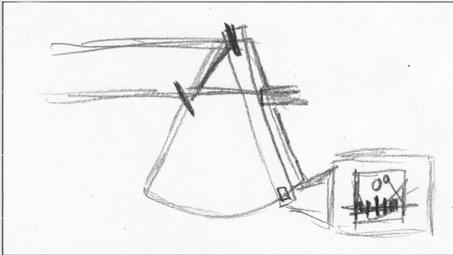
Wir stellen die Alhidade auf Null und peilen die Kimm an.

20.



Die nun im Horizontspiegel zu sehende Horizontlinie muss eine durchgehende Linie sein.

21a.

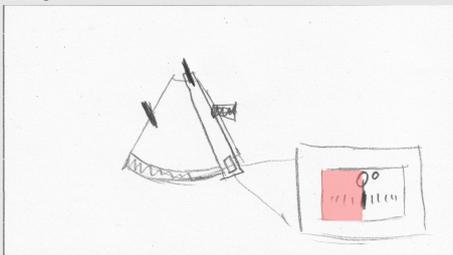


Ist dies nicht der Fall, bewegen wir die Alhidade so weit vor oder zurück, bis wir eine durchgezogene Linie sehen.

Nun lässt sich die Größe des Fehlers am Limbus ablesen.

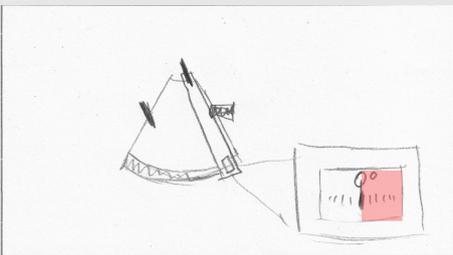
Dieser Wert muss dann beim Messen als Indexberichtigung mit eingerechnet werden.

21b.



Liegt der Wert zum Beispiel zwischen 5 Minuten und Null muss er später vom Messwert abgezogen werden.

21c.



Liegt der Wert zwischen Null und minus 5 Minuten, muss er später vom Messwert hinzu addiert werden.

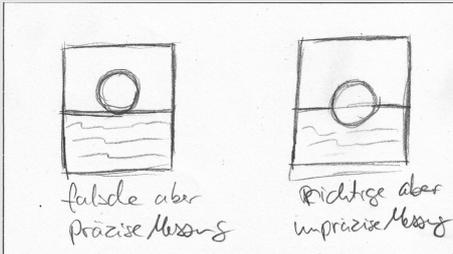
Systematische Fehler

Neben den Fehlerquellen am Gerät selber gibt es eine Reihe von systematischen Fehlern, die beim Messen berücksichtigt werden.

Dieser Vorgang wird in der Navigation Beschickung genannt.

Sonnenmittelpunkt

22.



Einer der größten und zugleich absichtlichen Fehler wird mit der Beschickung auf den Sonnenmittelpunkt korrigiert.

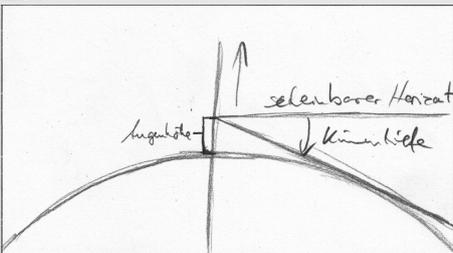
Wie im vorherigen Kapitel erläutert, wird bei der Messung der Rand der Sonne mit der Kimm abgeglichen.

Dies garantiert eine präzisere Messung, da der Gestirns-Mittelpunkt schlecht auszumachen ist.

Der Sonnendurchmesser ist über das Jahr mit 32 Winkelminuten nahezu konstant, daher genügt es, dem Messergebnis 16 Winkelminuten hinzu zu addieren.

Kimmtiefe

23.



Ein weiterer Fehler der bei der Winkelmessung gemacht wird, ergibt sich aus der Tatsache, dass man nicht auf Meeresspiegelhöhe misst.

Der so entstehende Winkel zwischen scheinbarem Horizont und Kimm wird Kimmtiefe genannt.

- Augenhöhe nach oben animieren

Mit steigendem Messstandpunkt wächst die Kimmtiefe.

Bereits bei einer Augenhöhe von 2 Metern, das entspricht ungefähr dem Standpunkt auf einem kleinen Segelschiff, beträgt die Abweichung 2,5 Winkelminuten.

Zur besseren Einordnung der Größenverhältnisse betrachten wir kurz, welche Abweichung das in Kilometern ausmacht.

Eine Winkelminute entspricht eine Seemeile.

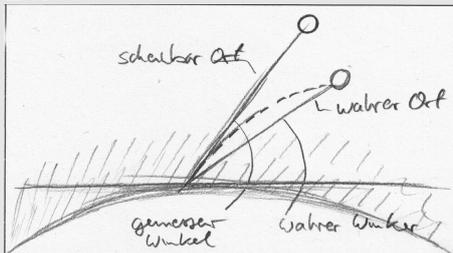
Eine Seemeile wiederum entspricht 1,852 Kilometern.

Würde wir die Augenhöhe von 2 Metern nicht beachten, hätten wir bereits eine Abweichung von ca. 4,6 Kilometern bei der Standortsbestimmung.

Die Kimmtiefe wird immer vom gemessenen Wert abgezogen.

Refraktionsfehler

24.



Eine weitere, je nach Sonnenhöhe wichtige Fehlerquelle ist der Fehler durch die Lichtbrechung in der Atmosphäre.

Steht die Sonne senkrecht, ist der Fehler gleich Null, steht sie ganz nahe am Horizont wird der Fehler sehr groß.

Aus diesem Grund sollten gemessene Winkel unter 17 Grad nicht verwendet werden.

Die Lichtbrechung ist von mehreren Faktoren abhängig wie Luftdruck, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit.

Da diese Faktoren einer ständigen Veränderung unterliegen, kann der Fehler nur näherungsweise bestimmt werden.

A.2 Kapitel Zusammenfassungen - Kontrollgruppe

Kapitel Zusammenfassung – Kontrollgruppe

Kapitel 1 – Der Sextant

- Der Sextant misst den Winkel zwischen Horizontlinie (Kimm) und einem Gestirn, den Höhenwinkel.
- Die wichtigsten Bestandteile sind:
 - Der Korpus (ein Sechstelkreis),
 - die Alhidade,
 - der Indexspiegel,
 - der Horizontspiegel und
 - das Fernrohr.
- Der maximal einstellbare Winkel der Alhidade beträgt 60° , aufgrund des Spiegelgesetzes können 120° gemessen werden.

Kapitel 2 – Winkelmessung

- Ablauf der Winkelmessung:
 1. Den Horizontspiegel auf die Kimm ausrichten
 2. Zeigearm solange bewegen, bis das Gestirn im Horizontspiegel zu sehen ist
 3. Gestirn-Unterrand an der Kimm ausrichten
 4. Zur Prüfung der Vertikalität den Sextanten um die Teleskopachse schwenken
 5. Den Winkel am Limbus ablesen
- Das Ergebnis wird in Grad und Minuten angegeben;
 $1' = 1/60^\circ$.

Kapitel 3 – Messfehler

- Ist die Horizontlinie in der Nullstellung des Sextanten eine durchgehende Linie, liegt kein Indexfehler vor.
- Bei der Beschickung auf den Sonnenmittelpunkt wird ein absichtlicher Messfehler korrigiert. Bei Messung auf den Sonnenunterrand werden 16 Winkelminuten hinzuaddiert.
- Die Kimmtiefe ist der Winkel zwischen scheinbarem Horizont und Verbindungslinie zur Kimm. Der Winkel wächst mit steigendem Messstandpunkt und wird vom gemessenen Wert abgezogen.
- Der Refraktionsfehler entsteht durch die Lichtbrechung in der Atmosphäre. Der gemessene Winkel ist durch die Lichtbrechung immer größer als der wahre Winkel. Je kleiner der gemessene Winkel, desto stärker ist die Lichtbrechung. Daher sind gemessene Winkel unter 17° nicht brauchbar.

A.3 Fragen und Zusammenfassungen - Experimentaltalgruppe

Kapitel 1 – Der Sextant

- Frage 1 (id=1):

Welcher Winkel wird mit einem Sextanten gemessen?

Optionen:

- Horizontwinkel
- Höhenwinkel
- Breitengrad

Antwort:

Der Sextant misst den Winkel zwischen Horizontlinie (Kimm) und einem Gestirn, den Höhenwinkel.

- Frage 2 (id=2):

Nenne drei Bestandteile des Sextanten.

Optionen:

offenes Textfeld

Antwort:

Die wichtigsten Bestandteile sind:

- der Korpus (ein Sechstelkreis),
- die Alhidade (Zeigearm),
- der Indexspiegel,
- der Horizontspiegel und
- das Fernrohr.

- Frage 3 (id=3):

Wie groß ist der maximal einstellbare Winkel der Alhidade?

Optionen:

- 60°
- 120°

Antwort:

Der maximal einstellbare Winkel der Alhidade beträgt 60°, aufgrund des Spiegelgesetzes können 120° gemessen werden.

Kapitel 2 – Winkelmessung

- Frage 1 (id=4):

Wann wird die Vertikalität geprüft?

Optionen:

- Nach dem Ausrichten des Horizontspiegels auf die Kimm
- Vor dem Ablesen des Winkels
- Vor dem Ausrichten des Gestirns auf der Kimm

Antwort:

1. Den Horizontspiegel auf die Kimm ausrichten
2. Zeigearm solange bewegen, bis das Gestirn im Horizontspiegel zu sehen ist
3. Gestirn-Unterrand an der Kimm ausrichten
4. Zur Prüfung der Vertikalität den Sextanten um die Teleskopachse schwenken
5. Den Winkel am Limbus ablesen

- Frage 2 (id=5):

Wie wird das Ergebnis des Höhenwinkels angegeben?

Optionen:

- Dezimalgrad
- Grad und Dezimalminuten
- Grad und Minuten

Antwort:

Das Ergebnis wird in Grad und Minuten angegeben; $1' = 1/60^\circ$.

Kapitel 3 – Messfehler

- Frage 1 (id=6):

Vervollständige folgenden Satz:

Ist die Horizontlinie in der Nullstellung des Sextanten eine durchgehende Linie, liegt kein vor.

Optionen:

offenes Textfeld

Antwort:

Ist die Horizontlinie in der Nullstellung des Sextanten eine durchgehende Linie, liegt kein Indexfehler vor.

- Frage 2 (id=7):

Wird bei der Messung der Sonnenunterrand mit der Kimm in Deckung gebracht, muss durch die Beschickung ...

Optionen:

- 16' abgezogen werden.
- 32' hinzuaddiert werden.
- 16' hinzuaddiert werden.

Antwort:

Bei der Beschickung auf den Sonnenmittelpunkt wird ein absichtlicher Messfehler korrigiert. Er beträgt bei Messung auf den Sonnenunterrand 16 Winkelminuten, diese werden hinzuaddiert.

- Frage 3 (id=8):

Welche Aussage ist richtig?

Optionen:

- Je höher der Messstandpunkt, desto größer die Kimmtiefe. Der Winkel wird dem gemessenen Wert hinzu addiert.
- Je tiefer der Messstandpunkt, desto größer die Kimmtiefe. Der Winkel wird vom gemessenen Wert abgezogen.
- Die Kimmtiefe wird immer vom gemessenen Wert abgezogen.

Antwort:

Die Kimmtiefe ist der Winkel zwischen scheinbarem Horizont und Verbindungslinie zur Kimm. Der Winkel wächst mit steigendem Messstandpunkt und wird vom gemessenen Wert abgezogen.

- Frage 4 (id=9):

Ab welcher Winkelgröße ist die Messung auf Grund des Refraktionsfehlers nicht mehr brauchbar?

Optionen:

- Wenn der gemessene Winkel unter 17° liegt.
- Wenn das Gestirn senkrecht über dem Messstandpunkt steht.
- Wenn der gemessene Winkel größer als 90° ist.

Antwort:

Der Refraktionsfehler entsteht durch die Lichtbrechung in der Atmosphäre. Der gemessene Winkel ist durch die Lichtbrechung immer größer als der wahre Winkel. Je kleiner der gemessene Winkel, desto stärker ist die Lichtbrechung. Daher sind gemessene Winkel unter 17° nicht brauchbar.

A.4 Schriftlicher Nachtest

Schriftlicher Test

Der Sextant

Code: _____

Gesamtpunktzahl: 18 Pkt.

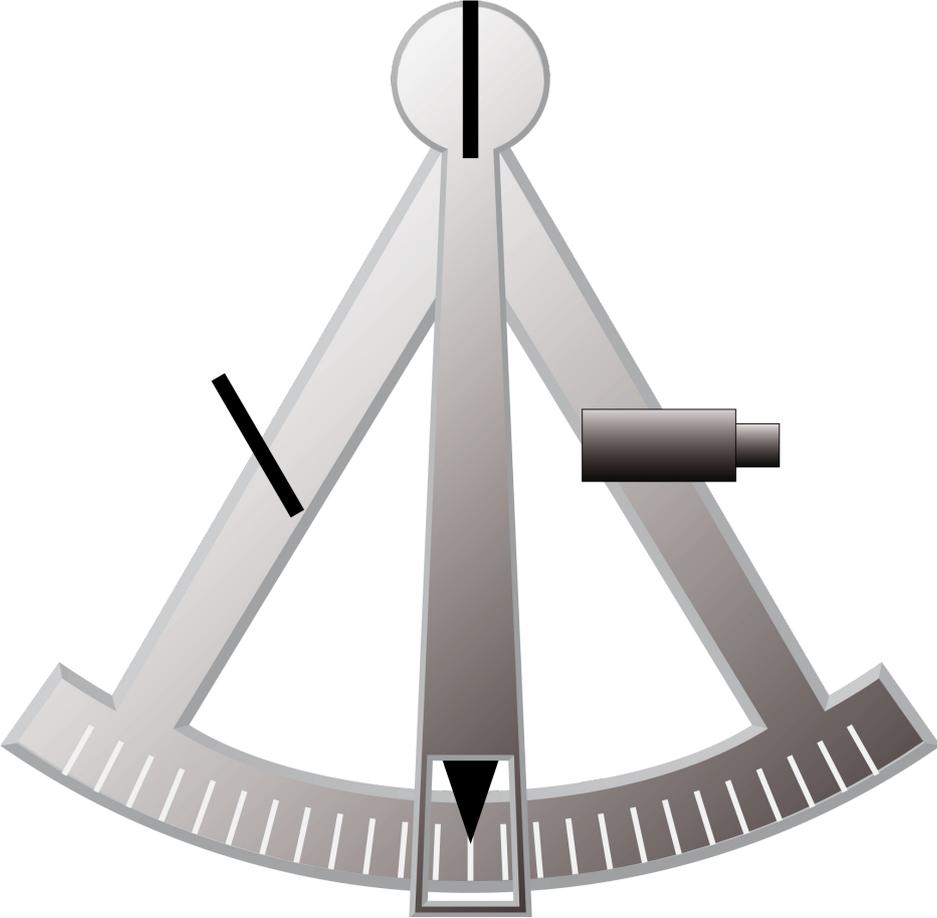
Zeit: 18 Min.

Bitte beantworte folgende Fragen.

Versuche bitte die Antwort nicht zu erraten, solltest Du die Antwort nicht wissen schreibe einfach „Ich weiß nicht“.

Aufgabe 1:

Benenne die einzelnen Bestandteile des Sextanten. (5 Punkte)



Aufgabe 2:

Welche maximale Winkelgröße lässt sich mit einem Sextanten messen?
(1 Punkt)

Aufgabe 3:

Nenne zwei Messfehler die durch Beschickung korrigiert werden. (2 Punkte)

Aufgabe 6:

Rechne folgende Werte entweder in Grad, Minuten oder ins Dezimalsystem um.
(2 Punkte)

$32,45^\circ$ → _____

$32^\circ 45'$ → _____

Aufgabe 7:

Du gleichst die Horizontlinie zwischen dem direktem Bild und dem Spiegelbild ab und kannst am Sextanten $2'$ ablesen.

Wie groß ist der Indexfehler? (1 Punkt)

Wie groß ist die Indexkorrektur? (1 Punkt)

A.5 Allgemeiner Fragebogen

	keine						hoch
Meine Erfahrung mit der Bedienung eines Videoplayers auf einer Internetseite sind...	<input type="radio"/>						
Meine Erfahrung mit multimedialen Lernumgebungen sind...	<input type="radio"/>						

Bitte beantworte folgende Fragen.
 Versuche bitte die Antwort nicht zu erraten, solltest Du die Antwort nicht wissen schreibe einfach „Ich weiß nicht“.

Aufgabe 1:
 Welcher Winkel wird mit einem Sextanten gemessen?

Aufgabe 2:
 Nenne drei Bestandteile eines Sextanten:

Aufgabe 3:
 Wie groß ist der maximal messbare Winkel bei einem Sextanten?

Aufgabe 4:
 Nenne zwei nicht vermeidbare Messfehler:

A.6 Fragebogen zur kognitiven Belastung

Fragebogen zur kognitiven Belastung

Code: _____

	sehr gering						sehr hoch
Bei der Lerneinheit war meine mentale Anstrengung...	<input type="radio"/>						
	sehr leicht						sehr schwer
Wie leicht oder schwer war die Lerneinheit?	<input type="radio"/>						
	sehr wenig						sehr viel
Wie viel Spaß hatten Sie bei der Bearbeitung der Lerneinheit?	<input type="radio"/>						
	stimmt absolut nicht						stimmt völlig
Bei der Lerneinheit musste man viele Dinge gleichzeitig im Kopf bearbeiten.	<input type="radio"/>						
Die Lerneinheit war sehr komplex.	<input type="radio"/>						
Ich habe mich angestrengt, mir nicht nur einzelne Dinge zu merken, sondern auch den Gesamtzusammenhang zu verstehen.	<input type="radio"/>						
Es ging mir beim Bearbeiten der Lerneinheit darum, alles richtig zu verstehen.	<input type="radio"/>						
Die Lerneinheit enthielt Elemente, die mich unterstützen, den Lernstoff besser zu verstehen.	<input type="radio"/>						
Bei dieser Lerneinheit ist es mühsam, die wichtigsten Informationen zu erkennen.	<input type="radio"/>						
Die Darstellung bei dieser Lerneinheit ist ungünstig um wirklich etwas zu lernen.	<input type="radio"/>						
Bei dieser Lerneinheit ist es schwer, die zentralen Inhalte miteinander in Verbindung zu bringen	<input type="radio"/>						
Ich habe mich bei dem Lernen der Lerneinheit angestrengt.	<input type="radio"/>						
Das Lernen der Lerneinheit war anstrengend.	<input type="radio"/>						

Fragebogen zur kognitiven Belastung

Code: _____

	sehr gering							sehr hoch
Bei dem Test war meine mentale Anstrengung...	<input type="radio"/>							
<hr/>								
	sehr leicht							sehr schwer
Wie leicht oder schwer waren die Aufgaben zu lösen?	<input type="radio"/>							
<hr/>								
	sehr wenig							sehr viel
Wie viel Spaß hatten Sie bei der Bearbeitung der Aufgaben?	<input type="radio"/>							
<hr/>								
	stimmt absolut nicht							stimmt völlig
Bei dem Test musste man viele Dinge gleichzeitig im Kopf bearbeiten.	<input type="radio"/>							
<hr/>								
Der Test war sehr komplex.	<input type="radio"/>							
<hr/>								
Ich habe mich angestrengt, mir nicht nur einzelne Dinge zu merken, sondern auch den Gesamtzusammenhang zu verstehen.	<input type="radio"/>							
<hr/>								
Es ging mir beim Bearbeiten der Lerneinheit darum, alles richtig zu verstehen.	<input type="radio"/>							
<hr/>								
Die Lerneinheit enthielt Elemente, die mich unterstützen, den Lernstoff besser zu verstehen.	<input type="radio"/>							
<hr/>								
Bei dieser Lerneinheit ist es mühsam, die wichtigsten Informationen zu erkennen.	<input type="radio"/>							
<hr/>								
Die Darstellung bei dieser Lerneinheit ist ungünstig um wirklich etwas zu lernen.	<input type="radio"/>							
<hr/>								
Bei dieser Lerneinheit ist es schwer, die zentralen Inhalte miteinander in Verbindung zu bringen	<input type="radio"/>							
<hr/>								
Ich habe mich bei dem Test angestrengt.	<input type="radio"/>							
<hr/>								
Der Test war anstrengend.	<input type="radio"/>							

A.7 Fragebogen zu GUI-Elementen

Fragebogen zu GUI-Elementen

Code: _____

Visuelle Interaktion zwischen Kapitel-Auswahl und Kapitel-Anzeige auf der Zeitleiste.



Das GUI-Element habe ich wahrgenommen.	gar nicht	<input type="radio"/>	sofort					
Ich fand das GUI-Element...	nicht hilfreich	<input type="radio"/>	sehr hilfreich					
Das GUI-Element habe ich intuitiv bedient.	stimmt absolut nicht	<input type="radio"/>	stimmt völlig					

Kapitel-Anzeige auf der Zeitleiste.

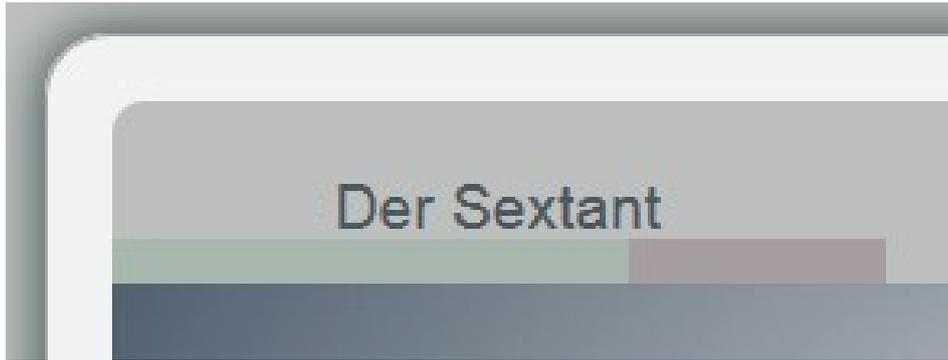


Das GUI-Element habe ich wahrgenommen. gar nicht sofort

Ich fand das GUI-Element... nicht hilfreich sehr hilfreich

Das GUI-Element habe ich intuitiv bedient. stimmt absolut nicht stimmt völlig

Kontrollanzeige für die Lernleistung.



Das GUI-Element habe ich wahrgenommen. gar nicht sofort

Ich fand das GUI-Element... nicht hilfreich sehr hilfreich

Das GUI-Element habe ich intuitiv bedient. stimmt absolut nicht stimmt völlig

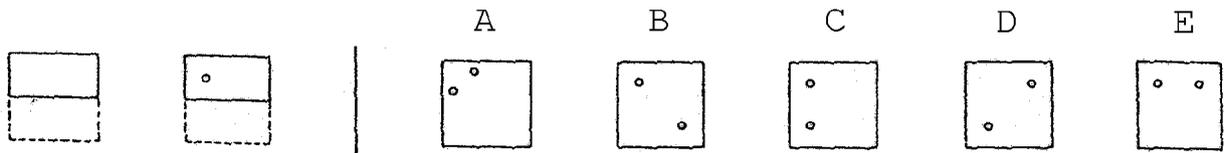
A.8 Fragebogen zur räumlichen Fähigkeit

CODE:

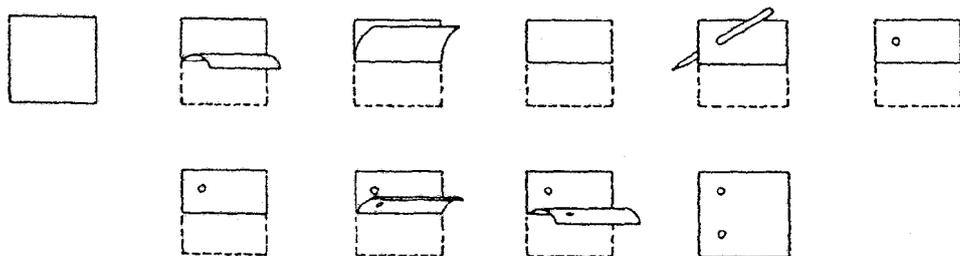
TEST ZUM PAPIERFALTEN

In diesem Test müssen Sie sich das Falten und Entfalten von Papierstücken vorstellen. In jeder Aufgabe des Tests gibt es einige Abbildungen, die auf der linken Seite der senkrechten Linie gezeichnet sind, und andere, die auf der rechten Seite der Linie gezeichnet sind. Die Abbildungen links stellen ein gefaltetes Papierquadrat dar, und die letzte dieser Abbildungen hat einen oder zwei kleine Kreise dort eingezeichnet, wo das Papier gelocht worden ist. Jedes Loch geht an diesem Punkt durch alle Lagen des Papiers. Eine der 5 Abbildungen auf der rechten Seite der senkrechten Linie zeigt, wo sich die Löcher befinden, wenn das Papier vollständig auseinandergefaltet ist. Sie müssen entscheiden, welche dieser Abbildungen richtig ist und dann ein X durch diese Abbildung zeichnen.

Nun versuchen Sie das an der folgenden Beispielaufgabe. (In dieser Aufgabe ist nur ein Loch durch das gefaltete Papier gestanzt.)



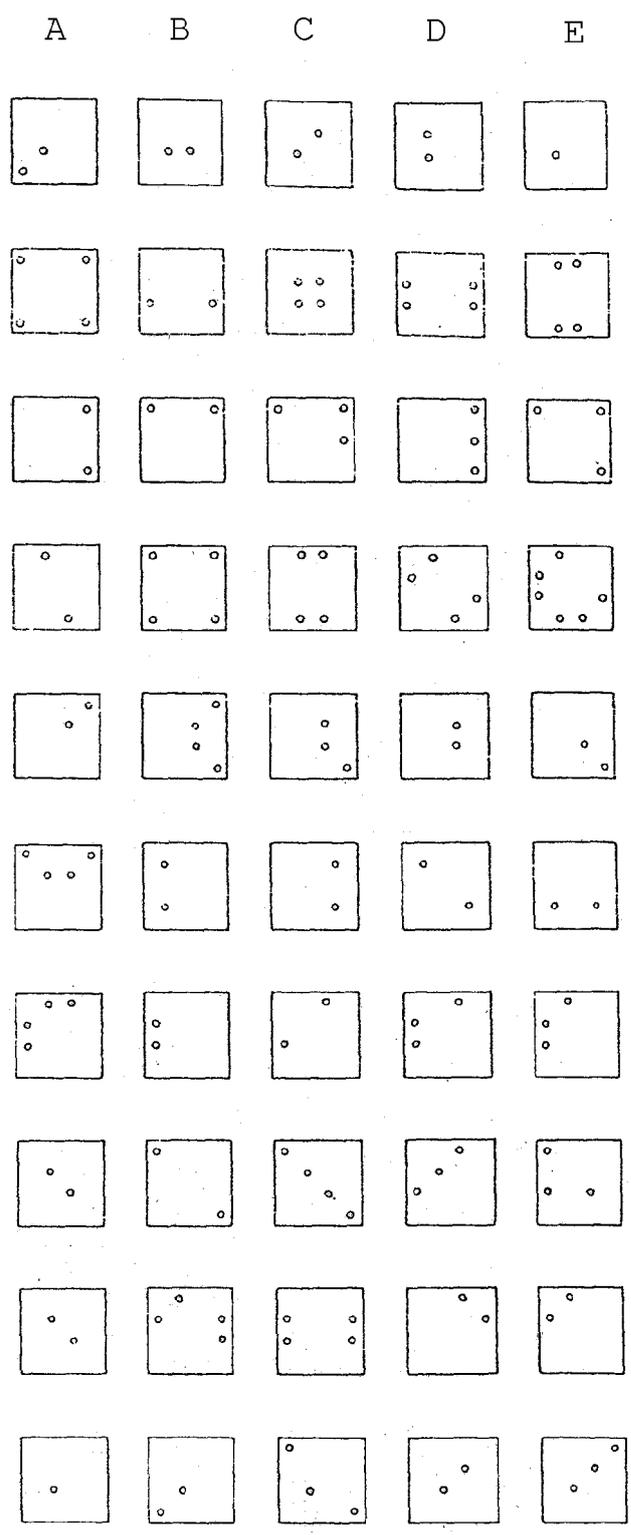
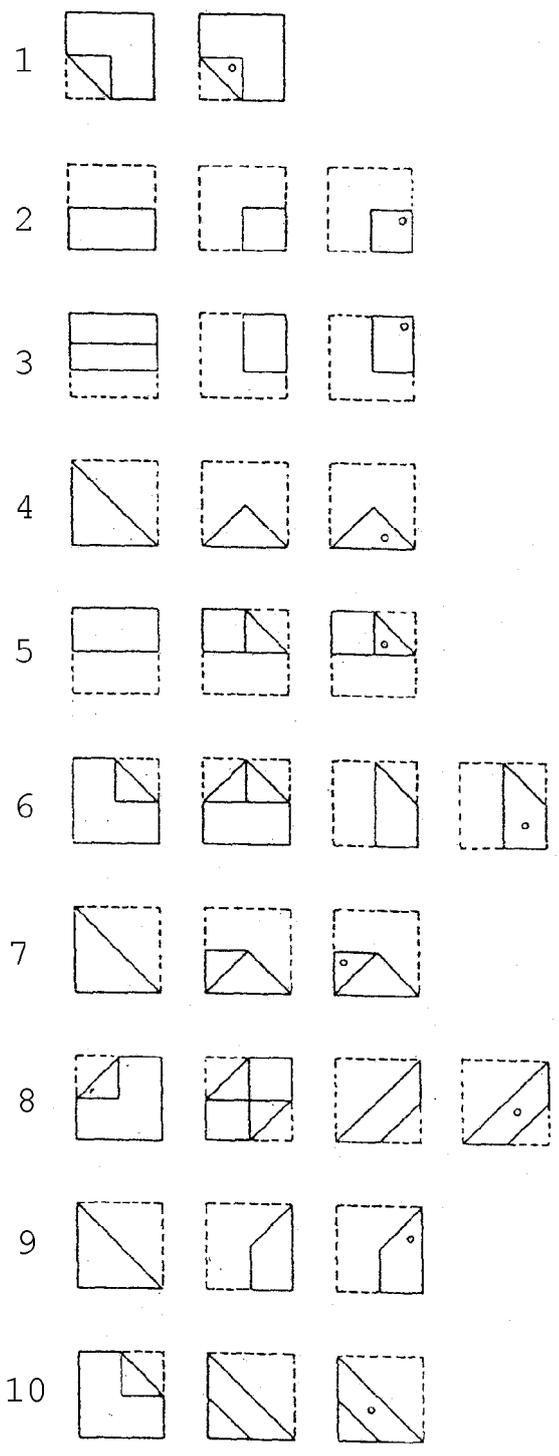
Die richtige Antwort zu dieser Beispielaufgabe ist C, und Sie sollten dort ein X gemacht haben. Die folgenden Abbildungen zeigen, wie das Papier gefaltet wurde und warum C die richtige Antwort ist.



In den Testaufgaben werden alle Faltungen in den Abbildungen auf der linken Seite dargestellt, und das Papier wird weder gedreht noch in anderer Weise bewegt. Remembern Sie sich, die richtige Antwort ist die Abbildung, welche die Positionen der Löcher zeigt, wenn das Papier wieder vollständig auseinandergefaltet ist.

Ihr Testergebnis ergibt sich aus der Differenz der Anzahl der richtigen Antworten und einem Teil der Anzahl der falschen Antworten. Deshalb bringt Ihnen Raten keinen Vorteil, außer Sie können eine oder mehrere Antwortmöglichkeiten als falsch ausschließen.

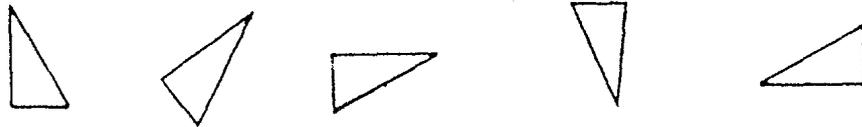
Sie haben 3 Minuten Zeit.



BITTE NICHT UMDREHEN, BEVOR SIE DAZU AUFGEFORDERT WERDEN!

TEST ZUM FIGURENDREHEN

Dieser Test überprüft Ihre Fähigkeit, Unterschiede in Figuren zu erkennen. Sehen Sie sich die 5 nachfolgend dargestellten Dreiecke an.



All diese Zeichnungen stammen von derselben Figur, welche durch Drehung auf dem Blatt in verschiedene Positionen gebracht wurde. Die Figuren sind gleich.

Schauen Sie nun auf die 2 folgenden Figuren:



Diese 2 Figuren sind nicht gleich. Die erste kann nicht so auf dem Blatt gedreht werden, dass sie genauso aussieht wie die zweite. Sie müsste umgeklappt oder verändert werden.

Jede Aufgabe in diesem Test besteht aus einer Figur auf der linken Seite der Trennungslinie und acht Figuren auf der rechten Seite. Sie müssen entscheiden, ob jede der acht Figuren auf der rechten Seite gleich oder verschieden von der Figur auf der linken Seite ist. Kreuzen Sie das Kästchen mit dem G an, wenn sie gleich ist (also durch Drehung der linken Figur entsteht), kreuzen Sie das Kästchen mit dem V an, wenn sie verschieden von der Figur auf der linken Seite ist (also nicht durch Drehung der linken Figur entsteht).

Üben Sie bitte in den folgenden Reihen. Die erste Reihe ist für Sie bereits richtig angekreuzt.

B								
	G <input checked="" type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/>	G <input type="checkbox"/> V <input checked="" type="checkbox"/>	G <input checked="" type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/>	G <input checked="" type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/>	G <input type="checkbox"/> V <input checked="" type="checkbox"/>			
C								
	G <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/>							
B								
	G <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/>							

Ihr Testergebnis ergibt sich aus der Differenz der Anzahl der richtigen Antworten und der Anzahl der falschen Antworten. Deshalb bringt Ihnen Raten nur dann einen Vorteil, wenn Sie zumindest eine ungefähre Vorstellung davon haben, welche der Figuren gleich oder verschieden sind.

Arbeiten Sie so schnell und so genau wie möglich.

Sie haben 3 Minuten Zeit.

1.											G <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/>									
2.											G <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/>									
3.											G <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/>									
4.											G <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/>									
5.											G <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/>									
6.											G <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/>									
7.											G <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/>									
8.											G <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/>									
9.											G <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/>									
10.											G <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/>									

A.9 Inhaltsverzeichnis CD

CD:\

material\

 Lernumgebung 01\

 css\

 le01.css

 main.css

 normalize.css

 style.css

 img\

 btnMute.png

 btnPause.png

 btnPlay.png

 btnUnmute.png

 false.png

 true.png

 video.png

 videoMask.png

 js\

 vendor\

 jquery-1.9.1.min.js

 modernizr-2.6.2.min.js

 control.js

 le01.js

 plugins.js

 popcorn-complete.min.js

 video\

 video.mp4

 video.ogv

 video.webm

 apple-touch-icon.png

 favicon.ico

 le01.html

 start.html

Lernumgebung 02

css

le02.css
main.css
normalize.css
style.css

img

btnMute.png
btnPause.png
btnPlay.png
btnUnmute.png
false.png
true.png
video.png
videoMask.png

js

vendor

jquery-1.9.1.min.js
modernizr-2.6.2.min.js
control.js
le02.js
plugins.js
popcorn-complete.min.js

video

video.mp4
video.ogv
video.webm
apple-touch-icon.png
favicon.ico
le02.html
start.html

video

video.mp4

Eigenständigkeitserklärung

Ich versichere hiermit, dass ich diese Bachelorarbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Wörtliche oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen habe ich unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde bisher weder einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt noch veröffentlicht.

Ulm, 26. August 2013

.....

Daniel Bitsch