

Vergleich der Lernwirksamkeit von Animationen und Standbildern

Master Thesis

Author(s):

Zuberbühler, Hans-Jörg

Publication date:

1999

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004606928>

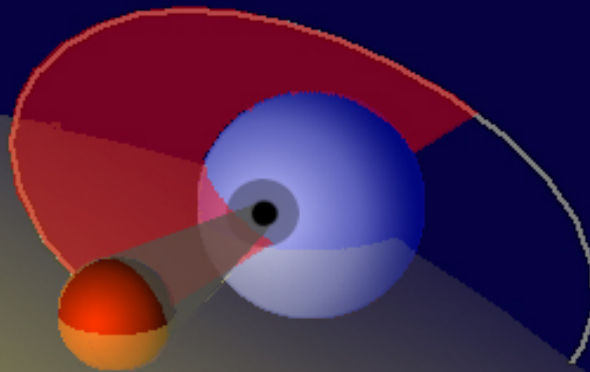
Rights / license:

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

EIDGENÖSSISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE (ETH)
ABTEILUNG FÜR UMWELTNATURWISSENSCHAFTEN

HANS-JÖRG ZUBERBÜHLER

OKTOBER 1999



VERGLEICH DER LERNWIRKSAMKEIT VON ANIMATIONEN UND STANDBILDERN

DIPLOMARBEIT

INSTITUT FÜR HYGIENE UND ARBEITSPHYSIOLOGIE
GRUPPE MAN MACHINE INTERACTION (MMI)

LEITUNG: PROF. DR. DR. HELMUT KRUEGER
BETREUUNG: DR. SISSEL GUTTORMSEN SCHÄR

INHALTSVERZEICHNIS

I.	ZUSAMMENFASSUNG.....	1
	THEORETISCHER TEIL.....	2
1.	EINLEITUNG.....	2
2.	DEFINITION VON MULTIMEDIA.....	4
2.1.	POPULÄR.....	4
2.2.	WISSENSCHAFTLICH.....	4
3.	ASPEKT DER STABILITÄT.....	7
4.	ASPEKTE EINZELNER CODIERUNGEN.....	8
4.1.	NON-VERBAL: STANDBILD	8
4.2.	NON-VERBAL: BEWEGTBILD	10
	Stroboskopische Bewegung.....	11
	Studien zum Vergleich von Bild und Animation	12
4.3.	VERBAL: GESCHRIEBENE SPRACHE	13
4.4.	VERBAL: GESPROCHENE SPRACHE	14

5.	ASPEKTE EINZELNER MODALITÄTEN.....	15
5.1.	VISUELL.....	17
	Anatomische Übersicht des visuellen Systems.....	17
	Ein spezielles neurales System analysiert visuelle Bewegung	19
5.2.	AUDITIV.....	21
	Anatomische Übersicht des auditiven Systems	21
5.3.	BEURTEILUNG DER NEUROLOGISCHEN BEFUNDE ZUR BEWEGUNGSWAHRNEHMUNG	23
6.	VERARBEITUNGS-MODELLE.....	24
6.1.	MODELL DER PROPOSITIONALEN WISSENS- REPRÄSENTATION	25
6.2.	MODELL DER DOPPELTEN ENCODIERUNG	26
6.3.	MENTALE MODELLE	27
6.4.	INTEGRIERTES MODELL	28
7.	HYPOTHESEN	31
	EMPIRISCHER TEIL	33
8.	EXPERIMENT	33
8.1.	VERSUCHSDESIGN	33
8.2.	AUFGABEN.....	35
	Lernaufgaben	35
	Testaufgaben.....	36
	Kontrollvariablen	37
8.3.	PRODUKTION	38
8.4.	ABLAUF	39
8.5.	RESULTATE.....	41
	Version	41
	Thema.....	48
	Schwierigkeit der Wissensfragen	52
	Kontrollvariablen	54

8.6. BEWERTUNG DER RESULTATE	54
Version	54
Thema.....	56
Schwierigkeit der Wissensfragen	57
Kontrollvariablen.....	57
8.7. BEURTEILUNG DER HYPOTHESEN.....	58
9. DISKUSSION.....	59
10. AUSBLICK.....	61
II. GLOSSAR.....	62
III. LITERATURVERZEICHNIS	65
IV. DANKSAGUNG.....	68
V. ANHANG.....	71

VERZEICHNIS DER TABELLEN

TABELLE 1: Auflistung der unabhängigen und der abhängigen Variablen sowie der Kontrollvariablen	34
TABELLE 2: Die unabhängige Variable „Version“ aufgeteilt in die Codierung, die Modalität und die Stabilität der Präsentation.....	35
TABELLE 3: Mittelwerte, Standardabweichung und Standardfehler der Präferenzangaben zu den Versionen.....	41
TABELLE 4: Signifikanzwerte der Präferenz-Unterschiede zwischen den jeweiligen Versionen (Fishers PLSD).....	42
TABELLE 5: Signifikanzwert der Korrelation zwischen den Präferenzen für eine Version und der Präferenz für das Thema der jeweiligen Version (Spearman Rang-Korrelation)	42
TABELLE 6: Mittelwerte der Scores der Wahrnehmungsfrage bei den Versionen.....	44
TABELLE 7: Mittelwerte, Standardabweichung und Standardfehler der Scores der Passivwissensfrage bei den Versionen.....	45
TABELLE 8: Signifikanzwerte der Unterschiede des Passivwissens zwischen den jeweiligen Präsentationsarten (Fishers PLSD)	45
TABELLE 9: Mittelwerte, Standardabweichung und Standardfehler der Scores der Aktivwissensfrage bei den Versionen.....	47
TABELLE 10: Mittelwerte, Standardabweichung und Standardfehler der Präferenzwerte zu den Themen.....	48

TABELLE 11: Signifikanzwerte der Präferenz-Unterschiede zwischen den jeweiligen Themen (Fishers PLSD).....	48
TABELLE 12: Mittelwerte der Scores der Wahrnehmungsfrage bei den Themen.....	50
TABELLE 13: Signifikanzwerte der Unterschiede der Wahrnehmung zwischen den jeweiligen Themen (Wilcoxon Vorzeichen-Rang-Test)	50
TABELLE 14: Mittelwerte, Standardabweichung und Standardfehler der Scores der Passivwissensfrage bei den Themen	51
TABELLE 15: Mittelwerte, Standardabweichung und Standardfehler der Scores der Aktivwissensfrage bei den Themen	51
TABELLE 16: Signifikanzwerte der Korrelation zwischen den Leistungen in den drei Wissensfragen (Spearman Rang-Korrelation).	52
TABELLE 17: Beurteilung der Hypothesen, aufgeteilt in die drei getesteten Wissensarten Wahrnehmung, Passivwissen und Aktivwissen.....	58

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

ABBILDUNG 1: Bestandteile von Multimedia	6
ABBILDUNG 2: Wahrnehmung einer stroboskopischen Bewegung.....	12
ABBILDUNG 3: Die drei wichtigsten Stellen entlang des visuellen Hauptpfades	18
ABBILDUNG 4: Diagramm der visuellen Bahnen.	20
ABBILDUNG 5: Äusseres Ohr, Mittel- und Innenohr in schematischer Darstellung.....	21
ABBILDUNG 6: Schnitt durch das Innenohr in schematischer Darstellung.....	22
ABBILDUNG 7: Modell der doppelten Encodierung von Paivio.....	27
ABBILDUNG 8: Integriertes Modell von Hasebrook	30
ABBILDUNG 9: Mittelwerte der Antworten der Versuchspersonen zur Präferenzfrage	43
ABBILDUNG 10: Mittelwerte der Antworten der Versuchspersonen zur Wahrnehmungsfrage	44
ABBILDUNG 11: Mittelwerte der Antworten der Versuchspersonen zur Frage nach dem Passivwissen	46
ABBILDUNG 12: Mittelwerte der Antworten der Versuchspersonen zur Frage nach dem Aktivwissen	47
ABBILDUNG 13: Mittelwerte der Antworten der Versuchspersonen auf die Frage: "Wie haben Ihnen die einzelnen Präsentationen gefallen ?"	49
ABBILDUNG 14: Prozentsatz der richtigen Antworten in den drei Wissensfragen bei den jeweiligen Aufgaben	52
ABBILDUNG 15: Prozentsatz der richtigen Antworten der Versuchspersonen zu den drei Wissensfragen bei den jeweiligen Versionen	53

I. ZUSAMMENFASSUNG

Mit einem zweifaktoriellen Within-group-design wurde getestet, ob Animationen gegenüber Standbildern einen Vorteil im Erwerb von Wahrnehmungs-, Passiv- und Aktivwissen bewirken. Weiter wurde getestet, ob allein die bewegte Darstellung der Animation ausreicht, um eine zusätzliche verbale Information eines Standbildes zu ersetzen. Fünf Themen mit dynamischen Lerninhalten wurden den 27 Versuchspersonen (Vpn) als Animation (A), Animation mit Kontrollbalken (AK), Animation mit Voice (AV), Standbild mit Voice (BV) und Standbild mit Text (TB) präsentiert.

Die Resultate zeigen, dass die Vpn mit den beiden Versionen, die Animation oder Standbild mit Voice kombinieren (AV, BV) bessere Resultate im Passivwissen erzielen als mit Versionen, die keine verbale Information anbieten (A, AK). Kein Unterschied der Resultate im Wissenstest besteht zwischen der Version mit Standbild und Text (TB) und den animierten Versionen ohne verbale Information (A, AK). Ebenfalls kein Unterschied im erworbenen Wissen besteht zwischen den Versionen A und AK. Bei der Befragung gaben die Vpn die grösste Präferenz für die Versionen AV und BV an, und sie lehnten die Version A am stärksten ab.

Die Ergebnisse lassen teilweise auf einen grösseren Lerneffekt durch Animationen schliessen. Es hat sich aber auch gezeigt, dass das Präsentationsdesign und das Lernthema grossen Einfluss auf diesen Effekt haben, so dass diese beiden Faktoren stärker in zukünftige Studien einbezogen werden müssen.

THEORETISCHER TEIL

1. EINLEITUNG

Wissen ist Rohstoff. Seine effiziente Bewirtschaftung war immer auch Garant für Lebensqualität und Wohlstand und wird es wohl auch in Zukunft sein. Wissens-Rohstoff liegt hierzulande in den Händen der Bildungsinstitutionen, die ihn hauptsächlich mit Mitteln verwalten, die schon seit Urzeiten zum Standardrepertoire der Wissensvermittlung gehören: Frontalunterricht und Lektüre von allenfalls mit Bildern illustrierten Schriften. Zwar verursachen technische Neuerungen im Medienbereich jeweils eine Anpassung der Lehrmittel: Es waren dies die Lehrfilme im Klassenzimmer sowie das Schulfernsehen zuhause. Diese multimedialen Angebote der ersten Stunde konnten sich jedoch nie wirklich durchsetzen. Ihr Handicap ist sicher, dass sie nur Einwegkommunikation zulassen und den Lernenden keine Möglichkeit bieten, das bevorzugte Medium oder die bevorzugte Medienkombination zu wählen, geschweige denn in Interaktion mit dem präsentierten Lernstoff zu treten. In den letzten Jahren zeichnet sich nun eine weitere Revolution ab: die Verbreitung von leistungsfähigen und preisgünstigen Computersystemen sowie ihre Vernetzung über das Internet. Dieser Tatsache ist es zu verdanken, dass nun theoretisch alles (Schul-)Wissen dieser Welt am Computer konsumiert werden kann. All die genannten Nachteile bisheriger Lehrmittel sind nun, so scheint es, beseitigt. Nur: handelt man sich dafür nicht neue Nachteile ein? Denkbar ist zum Beispiel die Überlastung der Sinne durch die mehrfach parallele Darbietung von Informationen. Gleichzeitig sind aber die Vorteile der Neuen Medien bestechend und die Erwartungen an sie riesig – nicht zuletzt auch

an die wahrnehmungs- und kognitionspsychologische Forschung. Sie soll Wege aufzuzeichnen, wie effizientes und nachhaltiges Lernen mit Multimedia möglich ist.

Das Schwergewicht der vorliegenden Arbeit liegt auf einem Merkmal von computergestütztem Lernen: dem Einsatz von Animationen. Die Arbeitshypothese lautet, dass das Lernen mit Animationen gegenüber dem Lernen mit Standbildern von Vorteil ist. In einem theoretischen Teil wird Multimedia definiert. Die Unterteilung einerseits in die populäre und andererseits in die wissenschaftliche Definition von Multimedia hat zur Absicht, diesen Begriff sowohl weiterhin im Alltagsgebrauch zu belassen als ihn auch für die kognitionspsychologische Forschung fruchtbar zu machen. Des weiteren werden im theoretischen Teil anhand der Definition jene Aspekte von Multimedia genauer betrachtet, die Animationen und Standbilder betreffen. In Kapitel fünf wird die postulierte "Bewegungsüberlegenheit" aus einer anatomisch-physiologischen Perspektive betrachtet. In Kapitel sechs wird diese Sichtweise relativiert und stattdessen werden aus kognitionstheoretischer Warte die Hintergründe geliefert, die zu den in Kapitel sieben formulierten Hypothesen führen. Die Annahme dieser Arbeit, dass Lernen mit Bewegtbildern effizienter ist als Lernen mit Standbildern ist empirisch schwach untermauert – mit einfachem Grund: es gibt nur wenige Studien zum Lernunterschied von Animationen und Standbildern. Dieses Manko besteht sicherlich auch darum, weil die Fragestellung relativ neu ist. Entscheidender dürfte aber sein, dass die Produktion von Animationen sehr zeit- und damit kostenintensiv ist – die Durchführung des Experiments dieser Arbeit hat dies bestätigt – so dass komplexe kausale Themen bislang selten als animierte Stimuli in Versuchsdesigns Eingang fanden.

Im empirischen Teil dieser Arbeit wird ein lernpsychologisches Experiment beschrieben, das durchgeführt wurde, um die formulierten Hypothesen zu überprüfen. Die Diskussion dieses Experimentes und ein Ausblick zu künftiger Forschung beschliessen die Arbeit.

2. DEFINITION VON MULTIMEDIA

2.1. Populär

Unter Multimedia wird üblicherweise ein kombiniertes Hard- und Softwaresystem verstanden, das neben Text und Grafik oder Pixelbildern mindestens ein dynamisches Medium wie Animation, Video, gesprochene Sprache oder Geräusche enthält. Zudem sollten einige elementare Interaktionsmöglichkeiten vorhanden sein. [1]

In den meisten wissenschaftlichen und in populären Publikationen wird der Begriff Multimedia in dieser Weise gebraucht. Er hat sich durchgesetzt und wird von den meisten ohne nähere Erläuterung verstanden. In dieser Arbeit wird der Begriff daher anzutreffen sein, wenn er eher allgemeine Aussagen betrifft. Werden jedoch kognitionspsychologische Fragen im Zusammenhang mit multimedialem Lernen angesprochen, ist die erwähnte Definition von Multimedia zu unpräzise.

2.2. Wissenschaftlich

Um eine wissenschaftliche Analyse durchführen zu können, muss der Begriff Multimedia differenzierter betrachtet werden. Weidenmann [2] schlägt eine

Definition vor, die Multimedia als multimediale, multicodale und multimodale Angebote beschreibt. Nachfolgend sind diese drei Begriffe erläutert. Es scheint problematisch, *Multimedia* unter anderem als *multimedial* zu definieren. Es muss hier jedoch zwischen der Verwendung des Substantives *Multimedia*, welche die populäre Definition impliziert und der wissenschaftlichen Definition *multimedial* unterschieden werden.

- I. Als *multimedial* werden Angebote bezeichnet, die auf unterschiedliche Speicher- und Präsentationstechnologien verteilt sind, aber integriert präsentiert werden. Beim Einsatz von Multimedia sollte beachtet werden, dass die Sinne anfällig für Überlastung und Interferenzen sind.
- II. Als *multicodal* werden Angebote bezeichnet, die unterschiedliche Codierungen oder Symbolsysteme aufweisen. In unserer Kultur sind dies das verbale und das piktoriale Symbolsystem sowie das Zahlensystem. Beim praktischen Einsatz von Multimedia kommt die unterschiedliche Vertrautheit mit den Codes sowohl beim Umgang mit Sprache wie auch beim Umgang mit Bildern ins Spiel. Während sprachliche Kulturtechniken wie Lesen und Schreiben im Bildungssystem systematisch trainiert werden, ist die Kompetenz im Umgang mit instruktiven Bildern entwicklungsbedürftig [3]. Die Kognitionspsychologie verwendet den Begriff Codierung im Zusammenhang mit dem Lernen und Verstehen eines Sachverhaltes in einer ähnlichen Weise. Sie legt jedoch das Schwergewicht auf die internen, mentalen Codierungen und ihre daraus resultierenden Verarbeitungsprozesse.
- III. Als *multimodal* werden Angebote bezeichnet, die unterschiedliche Sinnesmodalitäten bei den Nutzern ansprechen. In heutigen Multimedia-systemen werden vorab die visuelle und die auditive Sinnesmodalität angesprochen, denkbar sind aber auch eine haptische und olfaktorische Modalität.

Betrachtet man die eingangs erwähnte populäre Definition, so wird klar, dass diese eine unsystematische Aufzählung darstellt: Zum Beispiel enthält sie mit Text und Grafik zwei Arten von inhaltlichen Codierungen, Pixelbilder stellen eine technisch definierte Codierung dar, Video ist ein Medium und Geräusche sprechen eine Sinnesmodalität an.

In Abbildung 1 wird das dieser Arbeit zugrunde liegende Modell zur kognitions- und wahrnehmungspsychologischen Untersuchung des Lernens mittels Multimedia dargestellt. Dabei finden die in den Definitionen eingeführten Begrif-

fe der Codierung und der Modalität ihre Verwendung. Zusätzlich werden die Angebote noch hinsichtlich ihrer Stabilität unterteilt [4].

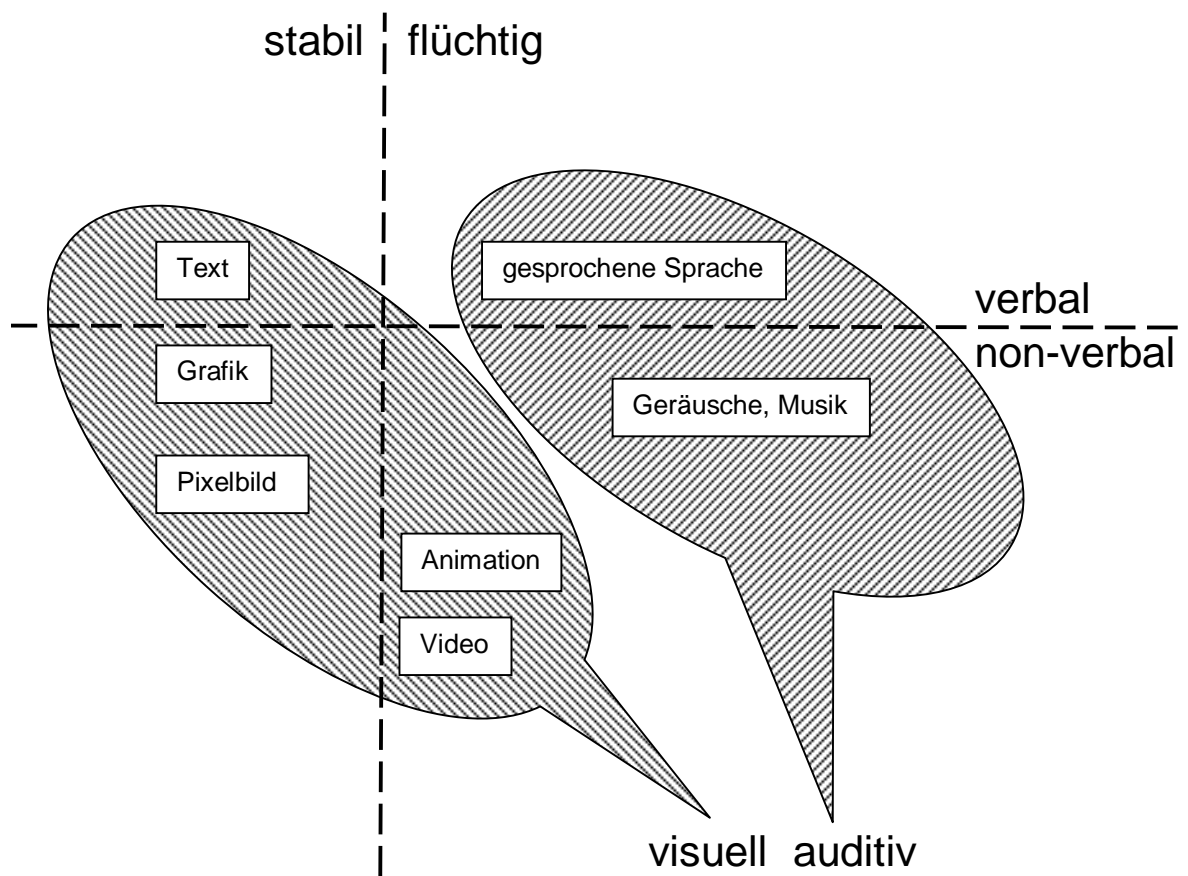


Abbildung 1: Bestandteile von Multimedia, aufgeteilt in zwei Ausprägungen der Codierung, der Modalität und der Stabilität. Nicht in Betracht gezogen wird ein animierter Text, und unter Musik sind ausschließlich Instrumentals zu verstehen.

3. ASPEKT DER STABILITÄT

Eine in Abbildung 1 getroffene Unterscheidung betrifft die Kontrollmöglichkeit, die ein Angebot den Lernenden über die Darbietungsgeschwindigkeit und damit auch über ihre eigene Wahrnehmungsgeschwindigkeit einräumt.

Geschriebene Sprache und Standbilder sind stabile Informationsangebote. Liest man einen Text, so kann man selbst bestimmen, in welchem Tempo man ihn lesen möchte und wieviel Zeit man für die unterschiedlichen Abschnitte aufbringen möchte. Einzelne Textstellen können überflogen, andere dagegen mehrmals gelesen werden, und es können Pausen eingelegt werden.

Bewegtbilder und gesprochene Sprache hingegen sind flüchtige Informationsangebote. Hier bestimmen der Computer und der Designer des Lernprogramms, in welchem Tempo und in welcher zeitlichen Gewichtung die Information den Lernenden präsentiert wird. Die Lernenden können also weder das Tempo noch die Redundanz einzelner Abschnitte bestimmen. Zudem können sie keine Pausen einlegen und haben somit keine Möglichkeit, den Informationsstrom der Tagesform oder dem Vorwissen anzupassen. Gemäss Weidenmann [5] führt dies vor allem bei Lernenden mit geringem Vorwissen und/oder ungenügenden Lernstrategien zu kognitiver Überlastung, zu Kohärenz- und Verstehenslücken sowie zu oberflächlicher und bruchstückhafter Verarbeitung.

Flüchtige Informationsangebote haben aber auch Vorteile: Durch die vorhin erwähnte zeitliche Akzentuierung des Lernstoffes wird den Lernenden eine Strukturierung des Stoffes vorgegeben, was unter Umständen ein wichtiger Bestandteil einer Lernaufgabe ist. Für die Suche nach einem wirksamen Malaria-Medikament ist es beispielsweise wichtig zu wissen, wie lange sich der Erreger in den einzelnen Stadien befindet. Eine zeitlich massstabgetreue Präsentation bietet sich hier an. Ein weiterer wichtiger Vorteil der flüchtigen Informationsangebote liegt darin, dass dynamische Sachverhalte wesentlich realistischer darge-

stellt werden können. So kann zum Beispiel nur ein Film oder eine Animation die Choreografie in einem Tanzballet – also die zeitliche und räumliche Relativstellung der Darsteller – umfassend zeigen. Das stabile Pendant dazu – das Standbild mit Bewegungspfeilen – erfordert beim Betrachter eine kognitive Leistung, nämlich jene der mentalen Bewegung der Darsteller.

4. ASPEKTE EINZELNER CODIERUNGEN

In diesem Kapitel werden die verbalen und die non-verbalen Codierungen erläutert, die in Multimedia-Systemen ihre Verwendung finden. Entsprechend dem Schwergewicht dieser Arbeit wird auf die beiden verbalen Codierungen *gesprochene* und *geschriebene Sprache* weniger ausführlich eingegangen.

4.1. Non-verbal: Standbild

Weidenmann [6] unterteilt das Konzept *Bild* in informierende Bilder, künstlerische Bilder und unterhaltende Bilder. Unter informierenden Bildern versteht er Bilder, die erstellt werden, um Aussagen zu bestimmten Inhalten zu machen. Der Rezipient soll sich beim Betrachten von solchen Bildern fragen, was der Bildautor wohl mitteilen wollte und warum dieser das Bild so und nicht anders gestaltet hat. Informierende Bilder kommunizieren einen Inhalt als ein visuelles Argument. Darunter ist zu verstehen, dass für eine bestimmte Aussage eine adäquate bildhafte Codierung vorhanden ist. Zur Gestaltung von visuellen Argumenten werden Darstellungscodes und Steuerungscodes verwendet. Ein Darstellungscodex ist beispielsweise in Abbildung 5 (Seite 21) zu erkennen. Neben anderen Codes wird hier eine Linie als Kontur eines Objekts wahrgenommen. Bei derselben Abbildung findet sich auch ein Beispiel eines Steuerungscodes: das Innen-

ohr ist im Vergleich zur Ohrmuschel grösser dargestellt. Damit will der Bildautor auf sein visuelles Argument – nämlich die Beschaffenheit des Innenohrs – hinweisen. Im weiteren soll nun genauer auf die Verarbeitung von informierenden Bildern eingegangen werden. Bei der Analyse des Rezeptionsprozesses werden folgende Prozesse unterschieden:

Prä-attentive Prozesse laufen automatisch, ohne Einfluss des Bewusstseins, sehr kurzfristig ab. Dabei erfolgt die Wahrnehmungsorganisation, die Mustererkennung und die Identifikation der Objekte. Empirische Befunde sprechen dafür, dass der Wahrnehmungsapparat auf ein rasches Erfassen der globalen Bedeutung hin organisiert ist, das heisst, erst auf den "zweiten Blick" werden Details gemustert und verarbeitet. Die Gestalttheorie liefert dazu die theoretischen Erklärungen. Es wird zwischen Figur und Hintergrund unterschieden. Figuren sind durch eine sogenannte "Gestalt" gekennzeichnet, und eine "gute Gestalt" ist dem Konzept der Prägnanz untergeordnet. Das heisst, unser Wahrnehmungssystem strukturiert das Wahrnehmungsfeld so einfach wie möglich. Es gruppiert die visuelle Wahrnehmung nach dem Gesetz der Nähe, der Gleichheit, der Geschlossenheit und der "guten Fortsetzung". Im Zusammenhang mit Bildern als Lernhilfen können prä-attentive Prozesse Probleme mit sich bringen. Das präsentierte Bild kann auf den ersten Blick sehr einfach und bekannt erscheinen und verleitet die Lernenden dazu, sich nicht genauer mit der Darstellung zu befassen. In Printmedien und in der Werbung wird gezielt auf prä-attentive Prozesse der Bildwahrnehmung gesetzt. Vielleicht führt dies unter anderem auch zu der verbreiteten Auffassung, dass Bilder leicht verständliche und damit ohne grossen mentalen Aufwand zu bearbeitende Informationsquellen seien ("Ein Bild sagt mehr als tausend Worte"). Die prä-attentive Bildrezeption kann also dazu führen, dass der Prozess des Bildverstehens schon nach dem oberflächlichen Erkennen des Bildinhalts abbricht, so dass die eigentlich relevante Bildinformation vom Lernenden nicht wahrgenommen wird.

Attentive Prozesse laufen im Gegensatz zu prä-attentiven Prozessen bei der absichtsvollen, aufgabenorientierten Musterung und Verarbeitung des informierenden Bildes ab. Der Betrachter beschäftigt sich mit der Illustration in Hinblick auf seine Aufgabenorientierung und unter Berücksichtigung seines Vorwissens. Dabei sucht er nach relevanten Bildinformationen und befasst sich eingehender mit einzelnen Bildelementen und deren Beziehungen untereinander. Attentive Verarbeitungsprozesse führen somit zu einer höheren Verarbeitungstiefe und zu einem höheren mentalen Aufwand als prä-attentive Prozesse.

4.2. Non-verbal: Bewegtbild

Nachfolgend sind Aspekte der Bewegungswahrnehmung im Alltag aufgeführt. Diese Aspekte zeigen die qualitativen Unterschiede zur statischen Bildwahrnehmung auf.

- I.** Bewegung erzeugt Aufmerksamkeit. Eine Bewegung im Gesichtsfeld löst gewöhnlich eine Augenbewegung aus, welche die Abbildung des sich bewegenden Objekts auf die Foveae bringt, so dass es klar gesehen werden kann.
- II.** Bewegung liefert Information, aufgrund der eine aktive Interaktion mit der Umwelt (zum Beispiel Tennis spielen) möglich ist.
- III.** Bewegung liefert Information zur dreidimensionalen Gestalt eines Objekts.
- IV.** Durch Bewegung kann zwischen Objekt und Hintergrund unterschieden werden.[7]

Diese Aufzählung trifft zum Teil auch auf andere Aspekte des Sehens, wie die Farb- und Kontrastwahrnehmung zu, eindeutig überlegen ist die Wahrnehmung von Bewegung jedoch in Bezug auf die Schärfe der Auflösung [8].

Das Auftreten von Bewegung in der Umwelt ist dermassen vielfältig, dass sich eine Kategorisierung aufdrängt. Bei der folgenden Aufzählung [9 modifiziert] handelt es sich lediglich bei den ersten zwei Punkten um reale Bewegungen, die anderen drei Punkte sind Scheinbewegungen.

- I.** Objekte bewegen sich vor dem Blickfeld in transversaler oder radialer Richtung. Zusätzlich können die Objekte noch Eigenbewegungen ausführen.
- II.** Das Objekt ist stationär und der Beobachter bewegt sich. Auch in diesem Fall bewegt sich das abgebildete Objekt auf der Retina. Motorische Rückmeldung der Augen- und Skelettmuskulatur sowie Erfahrungswissen vermeiden aber eine bewegte Wahrnehmung der Objekte.
- III.** Stroboskopische Bewegungen. Dazu zählen Kino, Fernsehen, bewegte Leuchtreklamen etc. Es wird eine Scheinbewegung wahrgenommen, die durch kurz aufeinanderfolgende Helligkeitsunterschiede von benachbarten Punkten erzeugt wird.

- IV. Wasserfalltäuschung. Man betrachtet einen Wasserfall oder einen Fluss und blickt dann weg. Ein anderes betrachtetes Objekt scheint sich nun in entgegengesetzter Richtung des Wasserstroms zu bewegen.
- V. Induzierte Bewegung. Man sitzt im Zug am Bahnhof und wartet auf die Abfahrt. Auf dem benachbarten Geleise setzt sich ein anderer Zug in Bewegung. Für einen Moment glaubt man sich selbst in Bewegung.

Für diese Arbeit wird nur die stroboskopische Bewegung von Interesse sein, da ausschliesslich diese Art der Bewegungswahrnehmung bei Animationen in computergestützten Lernumgebungen auftritt.

Stroboskopische Bewegung

Auf dem Computerbildschirm, aber auch beim Fernseher, im Kino, bei Leuchtreklamen und dergleichen wird der Eindruck von Bewegung durch eine schnelle Folge von statischen Bildern erzeugt. Benachbarte Punkte leuchten in einem definierten Zeitintervall auf (Abbildung 2), wodurch sie eine bewegte Wahrnehmung des Lichtpunktes erzeugen.

Stroboskopische Bewegung kann als ein eigenes Prinzip gesehen werden, wie eingehende Informationen ausgewertet werden. Dies beweist die Tatsache, dass neben dem visuellen auch andere Sinne sie registrieren können. Wenn beispielsweise auf zwei benachbarte Punkte der Haut hintereinander und in entsprechendem Tempo sehr leichter Druck ausgeübt wird, entsteht der Eindruck, dass sich die Reizquelle von einem Punkt zum anderen über die Haut bewegt. Ein Knacken in einem Ohr, dem im nächsten Augenblick ein Knacken im anderen Ohr folgt, kann als ein einziges Geräusch gehört werden, das sich durch den Kopf bewegt [10].

Zeitintervall

Wahrnehmung



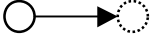
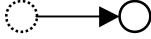
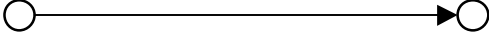


Weniger als 30 ms			Gleichzeitig (keine Wahrnehmung von Bewegung)
30 ms bis 60 ms			Teilbewegung
Ab 60 ms bis etwa 250			Scheinbewegung
Mehr als etwa 250 ms			Nacheinander (keine Wahrnehmung von Bewegung)

Abbildung 2: Die Wahrnehmung einer stroboskopischen Bewegung hängt von dem Zeitintervall zwischen der Darbietung der beiden Lichtpunkte ab. Mit der Verlängerung des Zeitintervalls durchläuft die Wahrnehmung des Beobachters die abgebildeten Stadien.

Studien zum Vergleich von Bild und Animation

Zum Vergleich der Wirkung stehender Bilder und Animationen auf den Lernerfolg führte Rieber [in 11] eine Studie mit Grundschulern durch. Er benutzte Newtons Bewegungsgesetze und präsentierte sie entweder ohne Illustration, mit stehenden Bildern oder mit Animationen. Die Ergebnisse zeigten, dass die Schüler, die mit einer Animation gelernt hatten, weder im Faktenwissen noch bei Transferaufgaben signifikant bessere Leistungen erzielten als die Lernenden, die mit stehenden Bildern gearbeitet hatten. Rieber erklärt diesen Befund damit, dass die Schüler auf die Animationen signifikant weniger Lernzeit verwendeten und sich wesentlich oberflächlicher mit der Thematik beschäftigt hatten. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass Animationen wie stehende Bilder, den Eindruck von Einfachheit (siehe Kapitel 4.1) beim Lernenden erwecken. Im Gegensatz zu Bildern muss jedoch bei Animationen nicht der Abstraktionsschritt der mentalen Bewegung nachvollzogen werden, weshalb sie noch einfacher eingeschätzt werden dürften. Rieber [12] wiederholte die Studie mit einer modifizierten Fassung. Er reduzierte den Schwierigkeitsgrad und unterteilte die Animationen in kleine

Sequenzen, die in direkter Beziehung zum Lerntext standen. Mit dieser Version erzielten die Lernenden, die mit Animationen gearbeitet hatten, signifikant bessere Resultate als die anderen Lerngruppen. Rieber sieht den Grund für dieses Resultat in der Gestaltung des Lernmaterials, das nun darauf abzielte, den Lernenden bei der Bearbeitung der Animationen mit Hilfe einer intensiven inhaltlichen Einbindung in die restliche Lerneinheit zu unterstützen.

In einer 1996 durchgeführten Studie testete Lewalter [11] Studierende der Pädagogik und der Psychologie im Grundstudium. Als Präsentation wählte sie ein Thema der Astrophysik, das als Text, als stehendes Bild und als Animation dargestellt wurde. Nach Präsentation des Themas mussten die Probanden einen Test ausfüllen, der das Faktenwissen, Verständnis und die Problemlösefähigkeit im soeben erlernten Stoff prüfte. In einer ersten Hypothese wurde erwartet, dass die Lernenden der Animationsversion im Gesamtergebnis bessere Leistungen erzielen würden als die Lernenden der Bildversion, die wiederum bessere Leistungen erzielen als die Lernenden der Textversion. Diese Hypothese wurde nur in der Tendenz bestätigt. Die statistische Auswertung der Mittelwertunterschiede der Leistungen der Versuchsgruppen zeigte zwischen Animation und Bild keinen signifikanten Unterschied. Der Unterschied zwischen den beiden illustrierten Versionen und der Textversion ist dagegen deutlich grösser und für beide Gruppen signifikant. Die Autorin erklärt den kleinen Unterschied des Lernerfolges zwischen Animation und Bild mit der Art der Visualisierung von Bewegung in den statischen Bildern (es wurden Bewegungspfeile gesetzt), die den Probanden offensichtlich dermassen vertraut waren, dass kein Effekt gegenüber der animierten Darstellung gemessen werden konnte. Einen weiteren Grund sieht sie darin, dass der Lerntest einen relativ hohen Schwierigkeitsgrad aufwies und somit auch an die Probanden der Animationsversion hohe Anforderungen stellte.

4.3. Verbal: geschriebene Sprache

Geschriebene Sprache ist das älteste Codierungssystem – auch in der Computerwelt. Papier und Bildschirm weisen sowohl grosse Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede auf. Farbliche Markierungen von Hintergrund und Text können dem Nutzer prinzipiell zur Orientierung, zu besserem Lernen und Erinnern dienen. Wright und Lickorish [13] zeigten jedoch, dass dies nur für den Text auf Papier, nicht aber für den Text auf dem Bildschirm zutrifft. In ihrem Versuch

sollten die Versuchspersonen Orte angeben, an denen bestimmte Textpassagen zu finden waren. Als Hilfe gedachte farbliche Markierungen des Hintergrunds einiger Passagen führten nur bei Papier-Text zu besseren Leistungen, nicht aber bei Bildschirm-Text. Letzterer wird immer an der gleichen Stelle ausgegeben, während Papier-Text über verschiedene Blattseiten verfügt, die räumlich an verschiedenen Orten angebracht sind. So könnte eine Erklärung für das Experimentalergebnis von Wright und Lickorish sein, dass es dem Nutzer von Texten auf dem Bildschirm – im Gegensatz zu Papiertext – rein optisch schwer fällt, sich den gesamten Text als Einheit vorzustellen und innerhalb des Textes Referenzpunkte zu setzen.

Auch Dillon [14] verglich das Lesen von Papier-Text mit dem Lesen von Bildschirm-Text. Dabei führte der Bildschirm-Text überall zu schlechteren Werten. Durch weitere Experimente konnte aber gezeigt werden, dass dieser Unterschied nur wegen der schlechteren technischen Qualität von Bildschirmen zustande kam.

Geschriebene Sprache stellt ein Problem dar, da für die visuelle Ausgabe in Multimedia-Anwendungen der zur Verfügung stehende Platz in der Regel auf den 15 bis 21 Zoll grossen Bildschirm beschränkt ist. Es haben sich zwei Techniken durchgesetzt, um dieses Problem anzugehen: die Windowing- und die Scrolling-Technik. Windowing bringt jeweils die Abbildung einer Seite auf den Bildschirm. Beim Scrolling dagegen bleibt das Fenster subjektiv statisch und der Text bewegt sich nach oben. Eine Aufwärtsbewegung beim Windowing führt an den Anfang des Textes, während eine Aufwärtsbewegung beim Scrolling an das Ende des Textes führt. Bury [15] zeigte, dass Nutzer besser mit Bildschirmausschnitten arbeiten konnten, wenn diese mit der Windowing-Technik, statt mit der Scrolling-Technik dargeboten wurden. Sie arbeiteten schneller und mit weniger Bewegungen, und auch subjektiv zogen sie die Windowing-Technik vor. Der Grund dafür kann sein, dass die Windowing-Technik dem gewohnten Vorgang beim Lesen von gedruckten Texten entspricht.

4.4. Verbal: gesprochene Sprache

Gesprochene Sprache bei Multimedia zu verwenden bedeutet, ein Codierungssystem zu verwenden, das relativ unzuverlässig und ohne Hintergrundinformationen nicht ohne weiteres zu verstehen ist. Das Experiment von Pollack

und Pickett [16] zeigt dies anschaulich: Versuchspersonen hörten Gespräche und sollten daraus Wörter erkennen. Kannten die Personen vorab weder den Kontext noch die Sprachumgebung, wurden weniger als 50 % der Worte verstanden. Das bedeutet, dass dem Nutzer von Multimedia-Produkten immer der Sprachkontext bekannt sein sollte, wenn ihm Information via gesprochener Sprache vermittelt wird.

Ein anderer wichtiger Aspekt der gesprochenen Sprache betrifft die Akzeptanz. Van Nes [17] zeigte, dass bei frei wählbarer Repräsentation der verbalen Information eine eindeutige Präferenz der Sprache gegenüber dem Text existiert. Wurde dagegen Sprache vorgegeben, so wurde dies als unangenehm empfunden. Bei seinen Beobachtungen zum Akzeptanzproblem kam van Nes noch zu drei interessanten Schlussfolgerungen:

- I. Sprache erzeugt beim Lernenden eine Wertung des Lerninhalts.
- II. Durch eine rasche Aufeinanderfolge von Instruktion und Ausführung kann Sprache eine starke Führung auf den Lernenden ausüben.
- III. Sprache sollte nur dann verwendet werden, wenn es sich um einen leicht zu vermittelnden Lerninhalt handelt.

5. ASPEKTE EINZELNER MODALITÄTEN

Gemeinhin werden Multimedia-Systeme für den Wissenserwerb als vorteilhaft gepriesen, weil die angebotene Information über verschiedene Sinneskanäle aufgenommen werden kann. Diese Aussage entbehrt jedoch in ihrer Einfachheit einer wissenschaftlichen Grundlage. Bevor ein kurzer Exkurs über Anatomie und Physiologie des auditiven und des visuellen Systems folgt, werden darum hier einige experimentelle Befunde bezüglich der Informationsaufnahme in den beiden Modalitäten beschrieben.

In einer Studie von Charleston und Boyer [18] wurde die visuelle mit der auditiven Modalität bezüglich der räumlichen Wahrnehmung verglichen. Sie kamen zum Schluss, dass die auditive Suche zu mehr Fehlern führt als die visuelle Suche. Auch ist es bei der auditiven Informationsaufnahme schwieriger, relevante Informationen von irrelevanten zu trennen. Diese Resultate deuten einen Unterschied in der Leistungsfähigkeit der beiden Sinneskanäle an, machen aber keine Aussagen über die mögliche Interferenzen oder Ergänzungen zwischen den beiden Modalitäten.

Viele seit den 60er Jahren durchgeführte Studien benutzten Doppelaufgaben, um zu überprüfen, ob und in welchem Ausmass sich die Paarungen von visueller und auditiver Aufgabenpräsentation ergänzen oder stören. Meistens haben die Forschenden aus den Ergebnissen gefolgert, dass sich zwei Aufgaben dann stören, wenn sie mit demselben Sinnessystem verarbeitet werden [1]. Baddley und Lieberman [19] kritisierten an diesen Versuchsdesigns jedoch, dass auf der einen Seite visuelle und räumliche sowie auf der anderen Seite auditive und sprachliche Verarbeitung einfach zusammen genommen wurden. Sie schlugen deshalb einen Versuchsaufbau vor, in dem räumliche Information akustisch dargeboten wurde und die visuellen Reize keine räumliche Information enthielten. Sie setzten die Versuchspersonen mit verbundenen Augen vor ein schwingendes Pendel, an dessen Ende sich ein kleiner Lautsprecher befand. Dann sollten die Personen den Ton im Raum verfolgen, indem sie den Weg des Pendels mit dem Strahl einer Taschenlampe verfolgten. Eine zweite Gruppe Versuchspersonen sollte die Helligkeit von Lampen beurteilen. Wenn die zwei Gruppen dann verschiedene Aufgaben zur Beurteilung von Vorstellungsbildern lösen mussten, zeigte sich, dass diese vom Verfolgen des Ton gestört wurden, nicht jedoch von der Beurteilung der Helligkeit. Diese Ergebnisse sagen nichts darüber aus, ob sich die Informationen in den Sinneskanälen selbst stören, sondern sie legen den Schluss nahe, dass die Verarbeitung auf einem höheren Abstraktionsniveau gestört ist.

In eine andere Richtung zielt der Einwand von Engelkamp [20]. Er kritisiert bereits die Frage, ob etwas besser in visueller oder in auditiver Form dargestellt werden sollte, als im Ansatz falsch gestellt. Sie unterstellt implizit nämlich, dass sich die beiden Informationsarten nur bezüglich ihrer Präsentationsweise, nicht aber in den Inhalten unterscheiden. Als inhaltliche Unterschiede benennt er: 1. Bilder sind informationsreicher als Worte, 2. Sprache reduziert sich auf das Kategoriale, 3. Sprache klassifiziert und abstrahiert.

Abschliessend kann bemerkt werden, dass die oben erwähnte Aussage, Ton und Bild ergänzten sich in jedem Fall, so nicht richtig ist. Die Art der Information übt ebenfalls Einfluss.

5.1. Visuell

Anatomische Übersicht des visuellen Systems

Den meisten sensorischen Systemen gemeinsam sind die vier folgenden Einheiten, die hier am Beispiel des visuellen Systems erläutert werden [9]:

- I. Eine Struktur, welche die bei der Beobachtung aufgenommenen Umweltreize sammelt oder modifiziert. ▶ Cornea, Iris, Linse und Glaskörper
- II. Rezeptoren, die Reizinformationen in elektrische Signale umsetzen. ▶ Stäbchen- und Zapfenrezeptoren als Bestandteile der Retina.
- III. Eine Reihe von Neuronen, die Signale an das Gehirn weiterleiten und sie so verarbeiten, dass daraus die Wahrnehmung entsteht. ▶ Ganglienzellen, Sehnerv und Corpus geniculatum laterale (Kniehöcker).
- IV. Zentrale Neuronen im Gehirn, die diese vorverarbeiteten Signale empfangen, sie weiterverarbeiten und sie schliesslich in Erleben umsetzen. ▶ Colliculus superior, primärer visueller Cortex (Area striata, Streifenfeld) und tiefere Hirnregionen.

Optik: Der Sehvorgang beginnt, wenn beim Hinblicken auf einen Ort der Umgebung Licht ins Auge fällt. Das Auge nimmt Licht auf, fokussiert es zu einem Retinabild und wandelt es in elektrische Aktivität des Nervensystems um. Das einfallende Licht passiert die Cornea (Hornhaut), dann eine als Pupille bezeichnete Öffnung und schliesslich die Linse. Die Cornea und die Linse fokussieren das Licht und lenken es durch den Glaskörper auf die Retina. [21]

Retina: Die Retina enthält total sechs verschiedene Typen von Neuronen, wovon hier deren drei näher beschrieben werden. Die Stäbchen und Zapfen sind Photorezeptoren und heissen aufgrund ihrer Form so. Ihre Hauptaufgabe ist die Umsetzung von Licht in elektrische Signale. Die Photorezeptoren erfüllen diese Aufgabe mittels lichtempfindlicher chemischer Substanzen, der Sehpigmente Opsin und Retinal. Stäbchen und Zapfen sind unterschiedlich auf der Retina verteilt: die Fovea enthält ausschliesslich Zapfen, und sie sitzt genau auf der Blicklinie. Immer wenn ein Objekt direkt angeschaut wird, fällt sein Bild genau auf die Fovea. Der dritte Neuronentyp sind die Ganglienzellen. Ihre Aufgabe besteht in der Übertragung der Rezeptorsignale zum Hirn. Zwischen Rezeptoren- und Ganglienzellen sind noch andere Neuronentypen in komplexer Weise zwischengeschaltet. Von den Ganglienzellen existieren zwei unterschiedliche Typen: die kleinen M-Zellen und die grösseren P-Zellen. Die gebündelten Axone der Ganglienzellen der Retina bilden den Sehnerv [21].

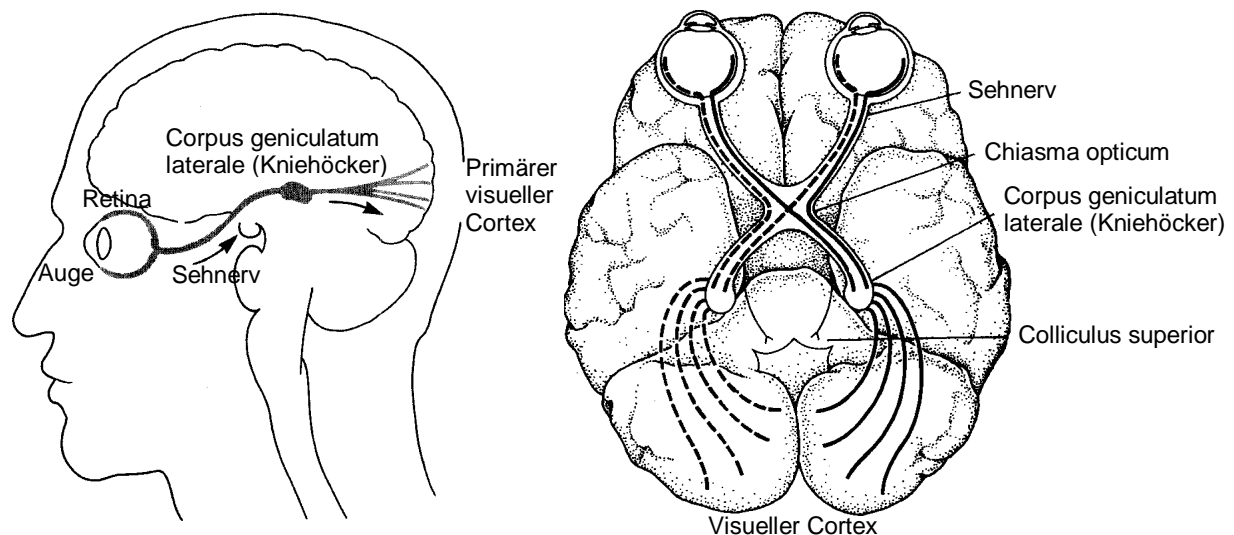


Abbildung 3: *Links:* Die drei wichtigsten Stellen entlang des visuellen Hauptpfades, in denen die Verarbeitung stattfindet: die Retina, das Corpus geniculatum laterale und der primäre visuelle Cortex. *Rechts:* Ein Teil der Nervenfasern aus der Retina kreuzt sich im Chiasma opticum und zieht in die entgegengesetzte Hirnhälfte. Ein kleiner Teil der Seh-Nervenfasern zieht in die Colliculi superiores. Die meisten ziehen zum Kniehöcker und von da aus in das primäre Sehareal im Hinterhauptlappen des Cortex.

Corpus geniculatum laterale: Am Boden des Zwischenhirns kreuzen sich die inneren (nasalen) Teile der beiden Sehnerven (Chiasma opticum), so dass die beiden linken Hälften der Netzhäute auf die linke Hirnhälfte projiziert werden (analog rechte Seite; Abbildung 3). Etwa 70 Prozent der linken Nervenfasern enden im Corpus geniculatum laterale, der ersten zentralen Schaltstelle der Sehbahn. Hier werden die Erregungen auf weitere Neurone übertragen, deren Axone zum primären Cortex ziehen. Die restlichen Fasern verlaufen zu den Colliculi superiores und zum Hirnstamm, wo die Augenbewegung, resp. der Pupillen- und Akkomodationsreflex gesteuert werden [22].

Visueller Cortex (Area striata): Die Anordnung der Neuronen im Cortex lässt sich funktional in Verarbeitungsmodule, die sogenannten Hypersäulen, unterteilen. Dabei sind drei verschiedene Arten von Hypersäulen bekannt, die auf unterschiedliche Eigenschaften des Reizes reagieren. Der Cortex besteht aus Tausenden von Hypersäulen, die jeweils einen kleinen Bereich der Retina bedienen. Es gibt im Cortex also eine retinotope neuronale Karte der Netzhaut [22].

Extrastriäre visuelle Areale: Jenseits der Area striata liegen etwa 32 extrastriäre Areale, eine Reihe übergeordneter visueller Felder, die ebenfalls Repräsentationen der Retina enthalten. Sie nehmen mehr als die Hälfte der gesamten Cortexoberfläche ein. Was ist die Funktion, dieser Regionen? Ihre Zellen weisen eine unterschiedliche Selektivität für verschiedene visuelle Reizmerkmale auf. So ist beispielsweise der mediotemporale Cortex (Area V5) hauptsächlich mit der Verarbeitung von Bewegung im Gesichtsfeld betraut, während V4 eher für Farbe und die Orientierung von Kanten zuständig ist (Abbildung 4) [22].

Ein spezielles neurales System analysiert visuelle Bewegung

Information über Bewegung hat ihren Ursprung in den grossen M-Ganglienzellen der Retina. Diese Zellen weisen keine spezielle Empfindlichkeit für Bewegung an sich auf, sondern antworten am besten auf runde Objekte im Gesichtsfeld, deren Kontrast sich mit der Zeit verändert. Die Signale von den M-Zellen gelangen über das Corpus geniculatum laterale zu verschiedenen Schichten der Area striata. Dort werden die Signale dann durch einfache und komplexe Zellen verarbeitet, die selektiv auf die Bewegungsrichtung reagieren.

Diese gefilterten Signale werden im mediotemporalen Cortex weiterverarbeitet und dann zum visuell-motorischen Areal des Parietallappens gesandt, wo die Aktionspotentialmuster der Neuronen sowohl die Geschwindigkeit als auch die Bewegungsrichtung eines Objektes im Gesichtsfeld codieren.

Das entworfene Bild der drei Kanäle, die Farbe, Form und Bewegung getrennt bearbeiten, muss in seiner Absolutheit relativiert werden. Die Neuronen in den beschriebenen Arealen haben keine ausschliessliche Präferenz für eine der drei Ausprägungen. Ein Grund dafür sind sicherlich die zahlreichen Verknüpfungen zwischen diesen Neuronen. Diese anatomischen Verbindungen sorgen für ein "Übersprechen" zwischen den Bahnen, so dass sie nicht so strikt getrennt sind, wie es in Abbildung 4 scheint.

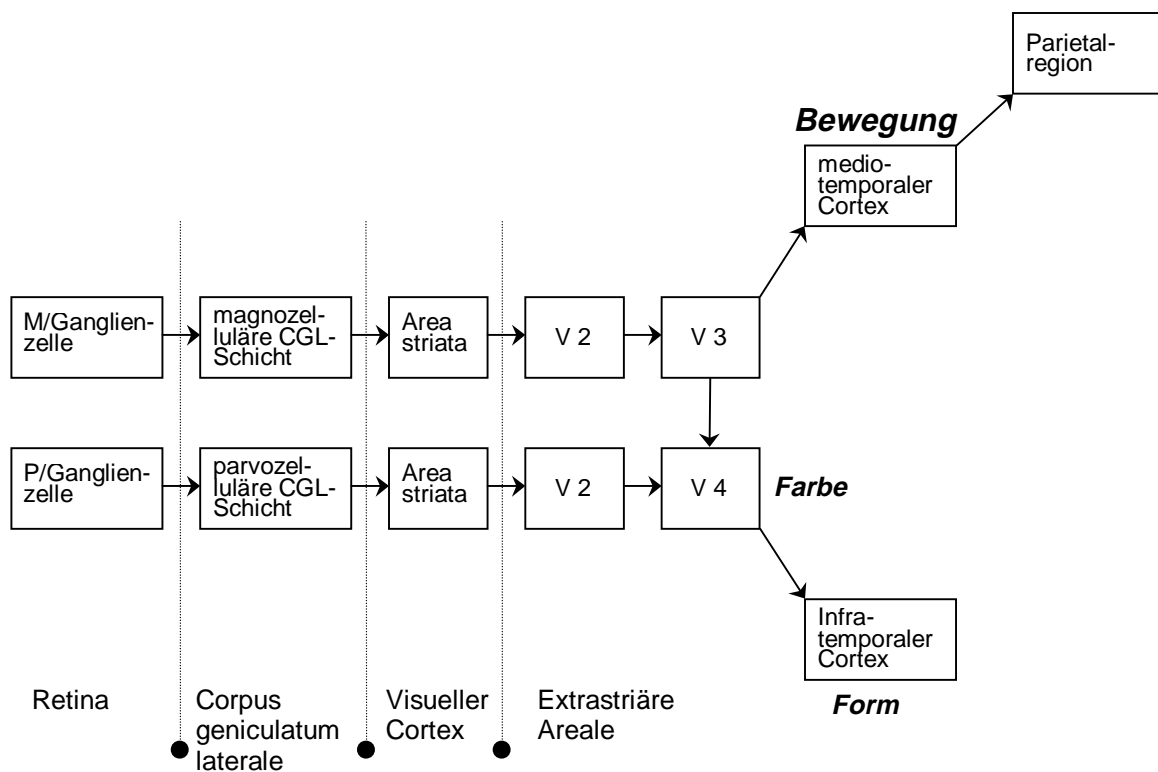


Abbildung 4: Diagramm der visuellen Bahnen. Die Signale laufen von links nach rechts, beginnend bei den M- und P-Ganglienzellen ganz links, die in die parietale (oben) beziehungsweise in die temporale Bahn (unten) münden. In der parietalen Bahn wird die Frage nach dem "Wo", in der temporalen Bahn nach dem "Was" beantwortet.

5.2. Auditiv

Anatomische Übersicht des auditiven Systems

Am Ohr werden drei Abschnitte unterschieden [21]:

- I. das äussere Ohr mit Ohrmuschel und Gehörgang,
- II. das Mittelohr mit Trommelfell, Gehörknöchelchenkette und Ohrtrompete,
- III. das Innenohr.

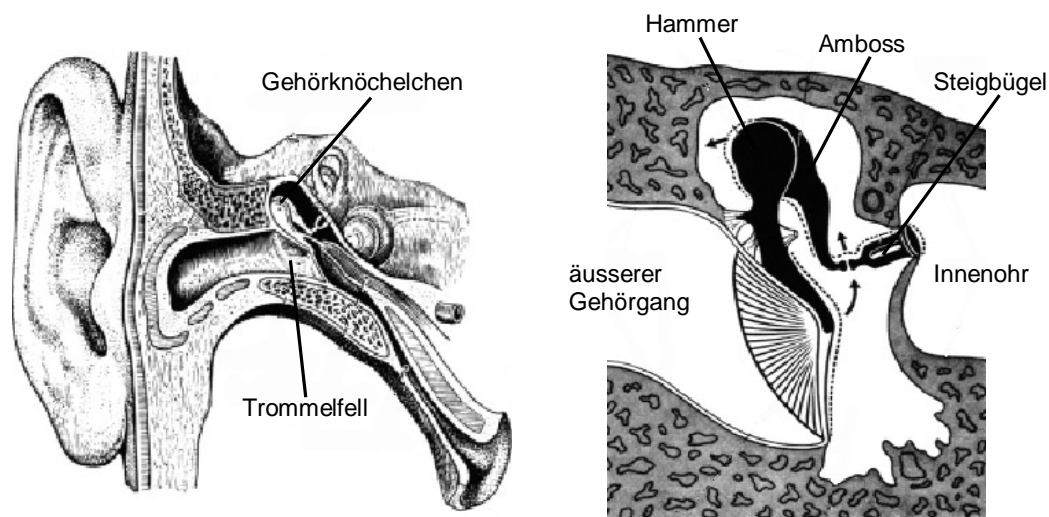


Abbildung 5: *Links:* Äusseres Ohr, Mittel- und Innenohr in schematischer Darstellung. *Rechts:* Mittelohr mit Gehörknöchelchen und Trommelfell in verschiedenen Funktionsstellungen. Die Pfeile deuten die Bewegungsrichtung bei Beschallung an.

Schallübertragung im Mittelohr: Schallwellen gelangen über den äusseren Gehörgang zum Trommelfell. Dieses wird durch Schalldruckschwankungen in Schwingung versetzt und gibt die Schallenergie über die Gehörknöchelchenkette an das Innenohr weiter. Trommelfell und Gehörknöchelchenkette passen zusam-

men den Schallwellenwiderstand (Impedanz) der Luft dem der Perilymphe des Innenohrs an [21].

Reizaufnahme im Innenohr: Bei Beschallung des Ohres wird die Schallenergie über das ovale Fenster auf die Perilymphe des Innenraums der Schnecke übertragen. Wegen der Inkompressibilität der Innenohrflüssigkeit muss ein Druckausgleich über das runde Fenster erfolgen. Schwingungen des ovalen Fensters erzeugen in der Perilymphe sogenannte Wanderwellen. Durch einen als Frequenzdispersion bezeichneten Vorgang werden die Wellen – nach Frequenzen geordnet – entmischt. An der Stelle des jeweiligen Amplitudenmaximums werden die Zilien der Haarzellen ausgelenkt. Dies löst eine Folge von Aktionspotentialen aus, die über die zugehörigen Nervenfasern weitergeleitet werden. Die Information über die Lautstärke ist vor allem in der Zahl der Nervenimpulse verschlüsselt. Die Information über die Tonhöhe geht aus dem rezeptorischen Ursprungsgebiet der Nervenimpulse hervor [21].

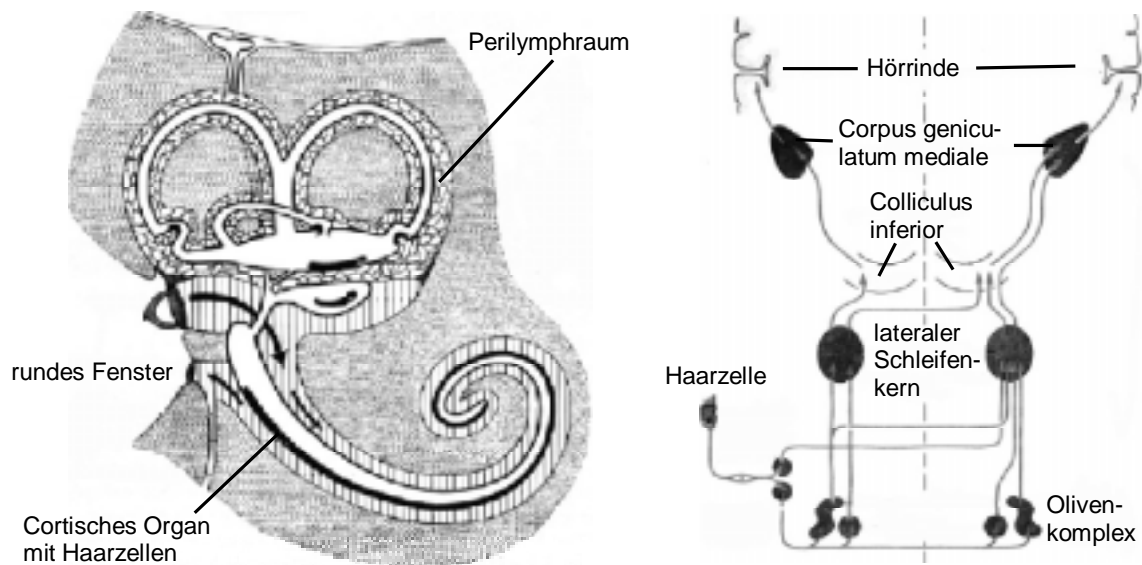


Abbildung 6: *Links: Schnitt durch das Innenohr in schematischer Darstellung. Rechts: Hörbahn in schematischer Darstellung.*

Erregungsleitung zur Hörrinde: Die Haarzellen geben ihre Information über diverse Ganglienzellen an den Olivenzkomplex der gleichen und der gegenüberliegenden Seite. Hier ist die erstmalige Vergleichsmöglichkeit für akustische Signale, die auf beide Ohren einwirken. Die nächste Station ist der laterale

Schleifenkern. Nach erneuter Umschaltung im Colliculus inferior und im Corpus geniculatum mediale erreicht die Hörbahn die primäre Hörrinde im Temporallappen. Die Hörbahn besteht aus mindestens fünf bis sechs Neuronen [21].

5.3. Beurteilung der neurologischen Befunde zur Bewegungswahrnehmung

Wie in Kapitel 5.1 dargelegt, kann Bewegung als eigene visuelle Qualität angesehen werden. Schon früh im gesamten Wahrnehmungs- und Erlebensprozess wird in spezialisierten Ganglienzellen der Retina zwischen bewegten und unbewegten Reizen unterschieden. Die weitere Verarbeitung von Bewegung geschieht zum Teil in eigenen Bahnen und ist getrennt von der Verarbeitung anderer visueller Qualitäten. Diese Befunde stehen im Einklang mit evolutionsbiologischen Erkenntnissen, die der Wahrnehmung von Bewegung grossen Nutzen für den Fortbestand einer Art attestieren. Die visuelle Wahrnehmung von Bewegung bedeutet also mehr als lediglich die Wahrnehmung von schnell aufeinanderfolgenden statischen Bildern, wie dies aus der technischen Erzeugung von bewegten Bildern gefolgert werden könnte. Oder umgekehrt: nur weil die Bewegungswahrnehmung einen (teils) autonomen Vorgang darstellt, ist es möglich, Bewegung technisch zu erzeugen, ohne dass zum Beispiel ein Film als rasender Diavortrag empfunden würde. All diese ermutigenden Tatsachen sagen jedoch noch nichts über einen positiven Lerneffekt durch bewegte Darstellungen aus. Dafür mögen hirnanatomische Befunde zwar Hinweise geben, sie reichen aber keineswegs zu einem fundierten Verständnis der tieferen kognitiven Prozesse, die Lernen, Bewusstsein und Aufmerksamkeit darstellen. In der Kognitionspsychologie bedient man sich daher Modellen, um empirische Befunde (zum Beispiel *Bildüberlegenheitseffekt*; Kapitel 6.2) zu erklären.

6. VERARBEITUNGS- MODELLE

Kognitive Theorien und Modelle können wie ein Computerprogramm verstanden werden: Sie sollen ein Verhalten präzise bestimmen, aber mit Begriffen, die abstrakt genug sind, um einen konzeptuell nachvollziehbaren Rahmen für das Verständnis des Phänomens zu schaffen. Anderson [23] nimmt als nützliche Analogie den Computer, um die Notwendigkeit abstrakter Modelle zu verdeutlichen und kritisiert damit die neurologisch motivierten Ansätze zur Erklärung von kognitiven Prozessen:

Ähnlich wie das Gehirn besteht ein Computer aus Millionen von Einzelelementen. Bei jeder einigermaßen interessanten Aufgabe – etwa wenn der Rechner eine Integralrechnung löst – wäre es hoffnungslos, das Gesamtverhalten der Maschine verstehen zu wollen, indem man das Verhalten jeder ihrer physikalischen Komponenten analysiert. Es existieren jedoch höhere Programmiersprachen, die das Verhalten des Computers bestimmen. Innerhalb des Computers übersetzt ein Programm jeden Befehl der Programmiersprache in zahlreiche Maschinenbefehle, die für alle Komponenten des Computers festlegen, was sie ausführen sollen. Höhere Programmiersprachen können recht abstrakt sein; dadurch wird es überflüssig, physikalische Details des Computers beim Programmieren zu berücksichtigen. Das Verhalten des Computers lässt sich oft schon gut verstehen, wenn man das in einer höheren Programmiersprache geschriebene Programm untersucht.

Dieser Einwand mag seine Berechtigung haben. Die in diesem Kapitel vorgestellten Modelle sind gleichwohl alle durch hirneurologische Erkenntnisse inspiriert. Sie geben einen langen Disput der Forschenden wieder, ob der monodalen oder der multiplen Codierung von Wissen der Vorrang zu geben sei. Vieles spricht dafür, dass es ein Sowohl-als-auch gibt. Mit dem Konzept des mentalen Modells, das propositionale sowie bildliche Anteile betont, werden bei-

de Strömungen bedient – mit Abstrichen freilich, denn die Verfechter von Propositionen gehen gerade davon aus, dass es nur ein einziges Speicherformat von Wissen gibt. Ein Befund scheint hier einigermaßen anerkannt: der Bildüberlegenheitseffekt, mit dem Paivio seine Theorie der dualen Codierung belegt. So bestechend – weil einfach und in vielen Teilen bestätigt – diese Theorie auch ist, sie vermag keine Unterscheidung von bewegter zu unbewegter bildlicher Wahrnehmung zu treffen, was sicher auf die geringe Anzahl an vergleichbaren experimentellen Studien zu diesem Thema zurückzuführen ist. Es wird also notwendig sein, bestehende Modelle der Wissensrepräsentation weiter zu entwickeln und anzupassen. Dies würde jedoch den Rahmen dieser Arbeit sprengen, weshalb die nachfolgenden Modelle lediglich einen Weg zeigen können, der bei der zukünftigen Forschung zum Lerneffekt durch Animationen gewählt werden könnte.

6.1. Modell der propositionalen Wissensrepräsentation

Dieses Konzept postuliert ein übergeordnetes Gedächtnissystem, in welchem Informationen unabhängig ihrer Codierung und ihrer Modalität abgespeichert werden. Bis Anfang der achtziger Jahre ging man in der kognitionstheoretischen Forschung davon aus, dass die mentale Repräsentation von Wissen in Form von Propositionen erfolgt [24]. Unter propositionaler Repräsentation versteht man eine symbolische Wissensrepräsentation, die als Beschreibung von Gegenständen oder Zusammenhängen eine Art hypothetische mentale Sprache bildet. Vor allem für die Erforschung des Textverständnisses schien dieses Konzept angebracht. Laut dieser Auffassung erfolgt die Encodierung verbaler und non-verbaler Informationen mit unterschiedlichen Mechanismen, führt aber zu einem einheitlichen Speicherformat. Dieser Auffassung einer monocodalen Repräsentation steht die Auffassung einer multiplen Codierung gegenüber. Die Debatte hält bis heute an.

6.2. Modell der doppelten Encodierung

Die Annahme eines einheitlichen symbolischen Repräsentationsformates von Wissen birgt viele Probleme in sich und war Anlass, in der Kognitionspsychologie nach offeneren Ansätzen zu suchen. Paivio [25] trägt mit seiner Theorie der doppelten Encodierung den Ergebnissen von Gedächtnisexperimenten Rechnung, die gezeigt haben, dass Bilder im Vergleich zu Worten besser behalten und reproduziert werden. Diese bessere Behaltensleistung von Bildern erklärt Paivio durch die Doppelcodierung der bildlichen Informationen, da beim Betrachten eines Bildes einzelne Bildelemente häufig auch benannt werden und damit dem verbalen System zugänglich gemacht und dort verarbeitet und gespeichert werden. Umgekehrt werden verbale Informationen nur zum Teil in bildliche Vorstellungen übertragen. Für Novizen ist es zum Beispiel schwierig oder unmöglich, eine visuelle Vorstellung von abstrakten Sachverhalten zu entwickeln (wie sieht zum Beispiel *Demokratie* aus?). Wenn nun aber Informationen, die bildlich dargeboten werden, zumindest zum Teil auch benannt werden, dann werden sie in beiden Systemen gespeichert und in der Folge besser behalten und leichter erinnert. Die Grundeinheiten für die Speicherung sprachlicher Informationen heißen Logogene, jene der visuellen Information Imagene (Abbildung 7). Zu den beiden Systemen gehören unterschiedliche sensumotorische Fähigkeiten: Das verbale System umfasst das Lesen, Hören und Schreiben von Text, das nicht-verbale System umfasst das Sehen und Hören von nicht-sprachlichen Umgebungsreizen sowie Geruchs-, Geschmacks- und Tastsinn. Wie erwähnt kann Paivio's Modell nicht direkt zur Begründung eines unterschiedlichen Lerneffektes durch bewegte Darstellung herangezogen werden. Aufbauend darauf kann aber der bewegten Darstellung ein verringertes Mass an Abstraktion attestiert werden, was zu einem besseren Lernergebnis führen kann.

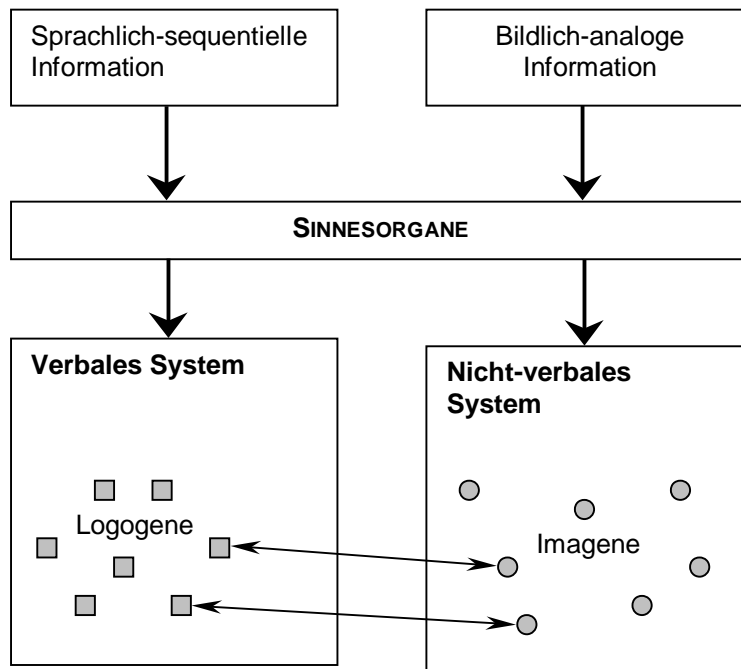


Abbildung 7: Schematische Übersicht über das Modell der doppelten Encodierung von Paivio: Sprachliche Reize werden vom verbalen System und nicht-sprachliche Reize vom visuellen System verarbeitet. Die beiden Systeme bleiben weitgehend isoliert. Spezielle Querverbindungen stellen die Beziehung zwischen bedeutungsähnlichen sprachlichen und visuellen Einheiten dar.

6.3. Mentale Modelle

Mentale Modelle sind Mischformen von bildhaften und propositionalen Repräsentationen. Sie stellen sozusagen ein "geistiges Objekt" dar, das einen analogen Ausschnitt aus der Realität bildet. Diese Analogie zwischen realem Objekt und mentalem Modell bezieht sich nur auf ausgesuchte Merkmale und Kriterien,

wie zum Beispiel die Struktur, die Funktion oder das Verhalten. Mentale Modelle sind also keineswegs vollständige geistige Repräsentationen eines Realitätsausschnittes, sondern vielmehr geistige Objekte, deren konkrete Ausprägung von der jeweiligen Zielsetzung der Beschäftigung mit ihnen abhängt. Der Vorzug dieser Repräsentation von Realitätsausschnitten liegt darin, dass verschiedene Veränderungszustände vor dem "inneren Auge" simuliert werden können. Wer zum Beispiel zur Funktion eines Gerätes ein adäquates mentales Modell aufgebaut hat, kann bei einer Störung die möglichen Folgen eines bestimmten Reparaturversuchs mental vorwegnehmen. Je mehr dabei dieses Resultat durch explizites schlussfolgerndes Denken erfolgt, desto eher sind die propositionalen Elemente des mentalen Modells zur Geltung gekommen. Meistens werden die dynamischen Zustandsveränderungen und deren Resultate jedoch bildhaft in der Vorstellung abgelesen. In der neueren Forschung wird das Konzept der mentalen Modelle daher vermehrt mit der Speicherung visueller Informationen in Verbindung gebracht [1].

Laut Weidenmann [6] ist die ausschliessliche Bildhaftigkeit mentaler Modelle problematisch, wenn sie sich nur auf Oberflächenmerkmale von Realitätsausschnitten beschränkt und nicht die strukturellen und kausalen Aspekte mit einbezieht. Dies ist vorwiegend bei Novizen in einem Gebiet der Fall. Experten verfügen dagegen sowohl über oberflächenorientierte wie über "deep-level"-Repräsentationen. Bildhaftigkeit bezieht sich auf diesen Ebenen jeweils auf unterschiedliche Inhalte. Auf der Oberflächenebene werden wahrnehmbare Merkmale von Objekten, Situationen, Aufgaben etc. repräsentiert. Im Falle der "deep-level"-Repräsentationen handelt es sich dagegen um imaginationsfähige Merkmale der Struktur und um Konzepte.

6.4. Integriertes Modell

Das Rahmenmodell von Hasebrook [1] (Abbildung 8) soll bisher bekannte Komponenten des Text- und Bildverstehens sowie das soeben erwähnte Konzept der mentalen Modelle zusammenfassen. Als erste Verarbeitungsinstanz wird ein Arbeitsgedächtnis und zwei Kurzzeitspeicher angenommen. Die durch die unterschiedlichen Sinneskanäle aufgenommenen Informationen werden im Arbeitsgedächtnis in einem sprachlichen und einem räumlichen Speicher aktiv gehalten. Diese Informationen liegen im expliziten Fokus der Aufmerksamkeit. Durch

Wiederholung und Ausarbeitung (Elaboration) der so aufgenommenen Information werden Informationselemente aus diesen Speicherbereichen dauerhaft encodiert und bilden sowohl nach sprachlichen und räumlichen Informationen getrennte als auch gemeinsame Informationen ab. Entsprechend Paivios Vorstellungen bilden die sprachlichen Informationen eine propositionale Textbasis, die bildlich-räumlichen Informationen eine analoge Bildbasis. In einem Integrationsprozess werden bedeutungsgleiche sprachliche und bildliche Informationen in einem mentalen Modell zusammengefasst.

Die Textbasis und die Bildbasis werden als Zwischenstufe beim Verstehen gebildet. Sie werden jedoch nicht vollständig zugunsten eines mentalen Modells aufgegeben, weil nicht alle Informationen vollständig eingearbeitet werden können und weil propositionale und analoge Repräsentationsformen spezifische Vorteile gegenüber integrierten Modellen haben können.

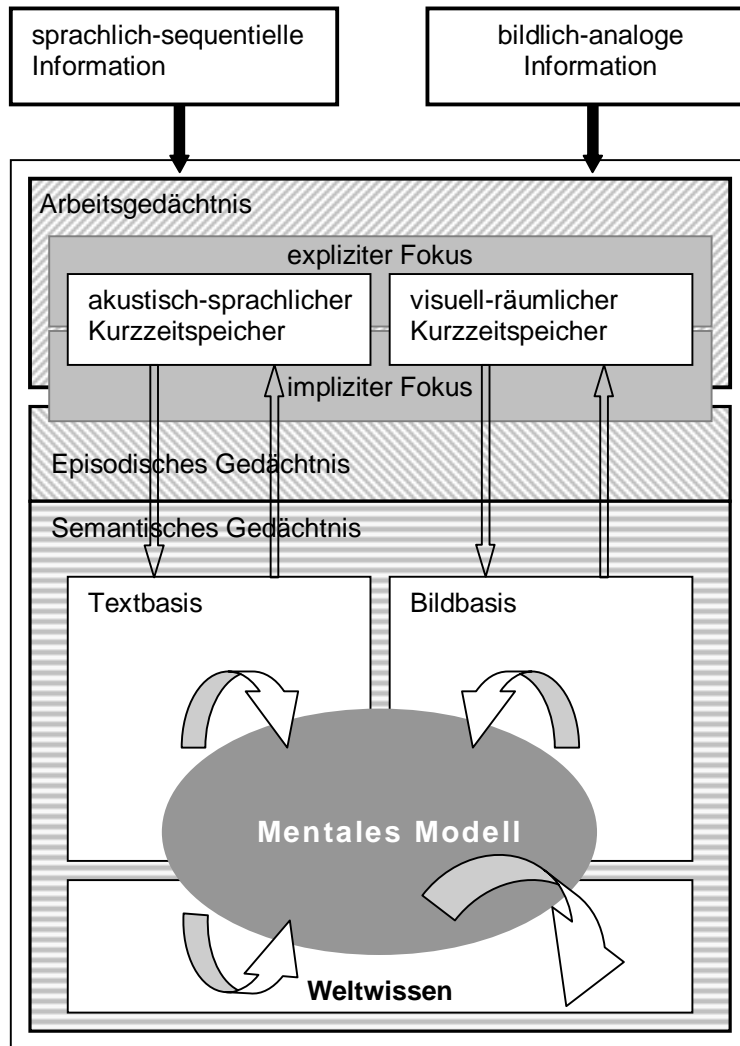


Abbildung 8: Über die Sinneskanäle aufgenommene Informationen werden im Arbeitsgedächtnis in sprachlich-akustischen und visuell-räumlichen Speicherbereichen aktiv gehalten (expliziter Fokus). Frühe Verstehensprozesse bilden die unterschiedlichen Informationsanteile in einer propositionalen Textbasis und einer teilweise analogen Bildbasis ab. Spätere Verstehensprozesse aktivieren bereits gespeicherte Informationen (impliziter Fokus) und integrieren alle aktiven Informationen nach und nach in mentale Modelle. Informationen aus der Text- und Bildbasis sowie aus dem Weltwissen ergänzen das mentale Modell.

7. HYPOTHESEN

Die zentrale Hypothese dieser Arbeit lautet: Für das Erlernen und Reproduzieren von dynamischen Lerninhalten ist die bewegte Darstellung die geeignete Form. Diese Arbeitshypothese gründet auf einer vielerorts [u.a. 1, 26] anzutreffenden Aussage, dass unterschiedliche Lerninhalte eine ihnen angemessene Form der Präsentation erfordern. Um diese an sich banale Forderung in die Tat umzusetzen, sind leistungsfähige Computersysteme notwendig, die in der Lage sind, verschiedene Codierungen und Modalitäten integriert zu präsentieren.

In anderen Arbeiten [4, 27] wurden bereits die Lerneffekte untersucht, die durch die integrierte Präsentation von geschriebenem und gesprochenem Text sowie von Standbildern erzeugt werden. Zu diesen Fragestellungen bestehen bereits Theorien und Modelle, die es erlauben, die in der klassischen Didaktik gewonnene Erkenntnis auf Multimedia-Systeme zu übertragen. Anders ist die Situation bei der flüchtigen Codierung Animation: die Autoren der konsultierten Literatur [u.a. 1, 4, 11, 28] stellen einen Mangel an theoretischem Hintergrund fest. Die generelle Hypothese der Überlegenheit der bewegten Darstellung basiert daher auf den drei folgenden Überlegungen:

- I.** Ausgehend von Paivios Theorie der doppelten Encodierung (Kapitel 6.2) kann der Animation gegenüber dem Standbild der Vorteil attestiert werden, dass sie einen geringeren Abstraktionsgrad aufweist. Anstelle von Bewegungslinien und Pfeilen, die in Standbildern Bewegung signalisieren, vermag die Animation Bewegung konkret darzustellen. Dadurch wird Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses frei, die beim Betrachten eines Standbildes zur Generierung von Bewegungsabläufen benötigt wird. [28]
- II.** Tendenzen in vorhandenen Studien [11, 12] deuten auch empirisch auf einen Vorteil von Animationen gegenüber Standbildern hin.

III. Anatomische und physiologische Erkenntnisse attestieren der Wahrnehmung und Verarbeitung von Bewegung eine grosse Potenz.(Kapitel 5.1)

Mit dem erwähnten Vorbehalt (Kapitel 6) in Bezug auf die Herleitung eines positiven Lerneffektes aufgrund von anatomischen und physiologischen Befunden werden die folgenden Hypothesen aufgestellt.

I. H1: Animationen mit gesprochener Sprache erzeugen einen höheren Lerneffekt als Standbilder mit gesprochener Sprache.

Um eine gewisse Quantifizierung der postulierten Überlegenheit der bewegten Darstellung zu erhalten, wird mit den folgenden zwei Hypothesen geprüft, ob Animationen eine zusätzliche verbale Erklärung in Standbildern ersetzen können.

II. H2: Standbilder mit gesprochener Sprache erzeugen den gleichen Lerneffekt wie Animationen ohne verbale Erklärung.

III. H3: Standbilder mit geschriebener Sprache erzeugen den gleichen Lerneffekt wie Animationen ohne verbale Erklärung.

Eine Eigenschaft von Animationen ist ihre Flüchtigkeit. Für Novizen kann dies ein Problem darstellen (Kapitel 3). Sie können weder das Tempo noch die Redundanz einzelner Abschnitte bestimmen. Dies führt zu kognitiver Überlastung, zu Kohärenz- und Verstehenslücken sowie zu oberflächlicher und bruchstückhafter Verarbeitung.

IV. H4: Mit Animationen wird ein höherer Lerneffekt erzeugt, wenn die Benutzer die Möglichkeit haben, Redundanz und Tempo der Präsentation zu bestimmen.

EMPIRISCHER TEIL

8. EXPERIMENT

Ein Experiment wurde durchgeführt, um die in Kapitel 7 formulierten Hypothesen zu prüfen. Dabei liegt besonderes Augenmerk auf dem Unterschied zwischen der flüchtigen und der stabilen Codierung der visuellen Modalität.

8.1. Versuchsdesign

Das Experiment basiert auf einem 5 x 5 Within-group-design mit den zwei Faktoren *Thema* und *Version*. Alle Versuchspersonen werden in allen Ausprägungen der unabhängigen Variablen getestet. Abhängige Variablen sind die der Präsentation folgenden Wahrnehmungs- und Wissensfragen sowie die Präferenz für *Thema* und *Version*. Als Kontrollvariablen werden das Vorwissen und die Vorkenntnisse eingesetzt.

UNABHÄNGIGE VARIABLEN		ABHÄNGIGE VARIABLEN		
Thema	Abseits-Regel	Wahrnehmung		
	Malaria-Zyklus	passives Wissen		
	Eiweiss-Synthese	aktives Wissen		
	Herz-Aktionen	Präferenz für	Thema	
	Sonnenfinsternis		Version	
Version	Animation (A)			
	Animation/Kontrolle (AK)			
	Animation/Voice (AV)			
	Bild/Voice (BV)			
	Text/Bild (TB)			

KONTROLLVARIABLEN
Alter
Geschlecht
Vorwissen
Computerkenntnisse
Schulbildung
Reihenfolge der Präsentationen
Validität der Vorwissensfragen

Tabelle 1: Auflistung der unabhängigen und der abhängigen Variablen sowie der Kontrollvariablen.

Tabelle 2 zeigt die in der Theorie (Abbildung 1) vorgenommene Einteilung von Multimedia übertragen auf den Aufbau des Experimentes.

Version	Animation A	Animation + Kontrolle AK	Animation + Voice AV	Bild +Voice BV	Bild + Text TB
Codierung	non-verbal	non-verbal	non-verbal + verbal	non-verbal + verbal	non-verbal + verbal
Modalität	visuell	visuell	visuell + auditiv	visuell + auditiv	visuell + visuell
Stabilität	flüchtig	quasi stabil	flüchtig + flüchtig	stabil + flüchtig	stabil + stabil

Tabelle 2: Die unabhängige Variable "Version" aufgeteilt in die Codierung, die Modalität und die Stabilität der Präsentation. Die Version "Animation kontrolliert" (AK) ermöglicht den Benutzern eine Interaktion, so dass diese Version im Vergleich mit den Animationen ohne Interaktion (A, AV) an Stabilität gewinnt.

8.2. Aufgaben

Lernaufgaben

Als Lernstoff werden fünf Themen bestimmt, deren Informationsgehalt einen dynamischen Charakter haben, für deren Darstellung sich also das Bewegtbild eignet. Folgende fünf Themen wurden ausgewählt:

- I. Vermehrungszyklus des Malaria-Erregers: Der Einzeller Plasmodium vermehrt sich sexuell in der Anopheles-Mücke und asexuell im Menschen und durchläuft dabei zeitlich und örtlich abgegrenzt mehrere Stadien.
- II. Abseits-Regel im Fussball: Diese Regel kann nur verstanden werden, wenn die örtliche und zeitliche Position mehrerer Spieler und des Balls mental nachvollzogen wird.

- III. Herz-Aktionen und EKG: Der Pumpeffekt des Herzen ist durch Bewegung gut darstellbar. In einem Abstraktionsschritt soll der Kurvenverlauf des EKG mit den Herzaktionen verknüpft werden.
- IV. Eiweiss-Synthese am Endoplasmatischen Retikulum: Die Produktion von Sekret-Protein durch Ribosom und mRNA ist ein dynamischer Vorgang, bei dem die Reaktionspartner in Bewegung sind.
- V. Sonnenfinsternis: Für das Verständnis, wie es zu Sonnenfinsternissen kommt, müssen räumliche Informationen sowie Bewegungsinformationen verstanden werden.

Die Themen werden vereinfacht dargestellt, so dass sie ohne Vorwissen verstanden werden sollten. Beim Beispiel *Eiweiss-Synthese* wird ein mechanistischer Ansatz zur Erklärung gewählt.

Testaufgaben

Der Lernerfolg wird durch die drei Kategorien Wahrnehmung, Passivwissen und Aktivwissen operationalisiert. Unter diesen Begriffen wird folgendes verstanden:

Wahrnehmung

Definition: Die Fähigkeit, von einer Auswahl ähnlicher bildlicher Darstellungen diejenige zu erkennen, die in der Präsentation verwendet wurde. Es wird also lediglich die visuelle Wahrnehmung getestet.

Operationalisierung durch Bildschirmseite "Frage 1" (siehe Anhang): Frage nach Bewegungsrichtung, Anordnung, Farbe, Form etc. von verschiedenen Elementen der Präsentation. Es werden immer sechs Möglichkeiten zur Auswahl angeboten, wobei eine davon richtig ist. Dass nur eine Lösung richtig sein kann, ist auch für die Versuchspersonen festzustellen, denn die Auswahl geschieht mittels Radio-Buttons, die nur eine Markierung zulassen.

Passivwissen

Definition: Die Fähigkeit, aus einer Auswahl von richtigen und falschen Aussagen die richtigen zu erkennen.

Operationalisierung durch Bildschirmseite "Frage 2" (siehe Anhang): Es werden sechs Aussagen zur Auswahl angeboten, wovon drei richtig und drei falsch sind. Die Versuchspersonen werden aufgefordert, die richtigen anzukreuzen, ohne zu wissen, wie viele es sind. Die Auswahl geschieht über Auswahlfelder, die mehrere Markierungen zulassen.

Aktivwissen

Definition: Die Fähigkeit, zentrale Begriffe der Präsentation zu reproduzieren und sie in den richtigen Zusammenhang zu stellen.

Operationalisierung durch Bildschirmseite "Frage 3" (siehe Anhang): Es wird ein Lückentext gezeigt, der vervollständigt werden soll. Es fehlen jeweils zwei themenspezifische Ausdrücke (meistens Fremdwörter), die soeben in der Präsentation erwähnt worden sind und die von zentraler Bedeutung für das Verständnis der Aufgabe sind.

Präferenz

Definition: Die Antworten der Versuchspersonen auf die Fragen "Wie haben Ihnen die einzelnen Präsentationen gefallen?" und "Wie haben Ihnen die verschiedenen Präsentationsformen behagt?"

Operationalisierung durch Bildschirmseiten "Präferenz" (siehe Anhang): Am Ende der Präsentationen erscheinen zwei Bildschirmseiten mit Fragebögen, die auf der ersten Seite die Präferenz der Versuchspersonen für die Themen und auf der zweiten Seite die Präferenz für die Versionen ermitteln. Zur Erinnerung sind die fünf Themen durch ein Bild illustriert. Die Versionen sind mit *Bewegbild mit Ton*, *stehendes Bild mit Text* usw. umschrieben. Beide Fragen können mit *neutral*, *unbrauchbar*, *genügend*, *gut* und *sehr gut* beantwortet werden.

Kontrollvariablen

Operationalisierung von Alter, Geschlecht, schulischer Ausbildung und Computerkenntnissen durch Bildschirmseite "Person" (siehe Anhang): diese Kontrollvariablen werden zu Beginn des Experiments bestimmt.

Operationalisierung von Vorwissen durch Bildschirmseiten "Vorwissen" (siehe Anhang): Zu jedem Thema wird eine einfache und eine schwierige Frage gestellt. Es soll möglich sein, die einfache mit einem durchschnittlichen Allge-

meinwissen richtig zu beantworten. Die schwierige Frage soll nur mit Expertenwissen richtig beantwortet werden können. Die richtige Beantwortung der schwierigen Frage soll voraussetzen, dass die Versuchspersonen auf ein detailliertes, mehrschichtiges mentales Modell zum Thema zugreifen können. Am Beispiel *Malaria* heisst dies, dass zum Beispiel Probanden, die ein mentales Modell zum Vermehrungszyklus des Erregers haben, auch wissen, dass Sporozoiten ein Stadium des Erregers darstellen. Natürlich kann es auch sein, dass jemand den Fachausdruck *Sporozoit* kennt, trotzdem aber keine Kenntnisse des Vermehrungszyklus besitzt. Um diese Wahrscheinlichkeit klein zu halten, werden in der Expertenfrage darum meist sehr spezifische Fachwörter abgefragt.

Operationalisierung der Validität der Vorwissensfragen durch Bildschirmseite "Vorwissen": Um abzuklären, ob die Versuchspersonen zufällig richtige Antworten geben, also raten, wird zusätzlich noch eine Frage nach einem nicht existierenden Fremdwort gestellt. Folglich trifft dort keine der zur Auswahl stehenden Antworten zu. Die insgesamt elf Fragen zum Vorwissen werden in zufälliger Reihenfolge und jeweils einzeln gestellt.

8.3. Produktion

Das "Rohmaterial" der Animationen *Malaria-Zyklus*, *Eiweiss-Synthese* sowie *Herz-Aktionen* wurde in Zusammenarbeit mit einer Klasse des Fachbereichs *Neue Medien* der Hochschule für Gestaltung in Zürich hergestellt. Die Animation *Abseits-Regel* stammt von Studierenden der Universität Karlsruhe und wurde im Rahmen des Praktikums *Projektworkshop* produziert. Die Nachbearbeitung dieses Materials sowie die Animation *Sonnenfinsternis* wurde in der Gruppe *Man Machine Interaction* an der ETH Zürich ausgeführt.

Alle Animationen wurden mit *Macromedia Director 7* produziert und als *Quicktime*-Film wiederum in einen Director-Film implementiert. Durch dieses Vorgehen kann auf relativ einfache Weise die Möglichkeit der Benutzerinteraktion geschaffen werden (Version AK). Zudem wäre so auch die Möglichkeit vorhanden, die Tonspur exakt an jener Stelle abspielen zu lassen, an die der Benutzer die Animation spult. Diese Möglichkeit wurde anfangs vorgesehen (Version Animation/Voice/Kontrollbalken, AVK), dann aber aus Zeitgründen fallengelassen. Im Gegensatz dazu wird bei Director-Filmen die ganze Ton-Datei abgespielt, die jeweils an einer Stelle der Animation angebracht ist. Nachteile der *Quick-*

time-Integration sind Einbussen in der Tonqualität und der Qualität von einigen Spezialeffekten, wie zum Beispiel dem Zoomen.

Der Versuchsaufbau wurde in einen Parent-Movie und 25 Child-Movies gegliedert. Im Parent-Movie werden die statischen Daten [29] (Alter, Geschlecht usw.) sowie Teile der dynamischen Daten (Präferenz) erhoben. Ausserdem werden vom Parent-Movie aus gemäss *Control-Random* (siehe Anhang) die Child-Movies aufgerufen. In den Child-Movies werden die jeweiligen Versionen abgespielt sowie die restlichen dynamischen Daten (Antworten zu den Themenfragen, Bearbeitungszeit usw.) erhoben. Die Logfiles wurden mit dem *Xtra FileIO* von Macromedia erstellt und verwaltet. Vor dem Speichern ins Logfile werden die Antworten der Versuchspersonen teilweise ausgewertet (richtig, falsch, halbrichtig usw.). Die Skripts für die Auswertung befinden sich auf der Stufe des Parent- oder Child-Movie.

Die Reihenfolge der Themen (Malaria, Abseits, Sonnenfinsternis, Eiweiss, Herz) sowie die Reihenfolge der jeweiligen Version (A, AK, AV, BV, TB) erfolgt nach kontrolliertem Zufallsprinzip, das heisst, die Reihenfolge ist mit folgenden Einschränkungen zufällig:

- I. Jede Versuchsperson erhält jedes Thema genau einmal.
- II. Jede Versuchsperson erhält jede Version genau einmal.
- III. Jede der 25 möglichen Kombinationen eines Themas mit einer Version ist nach fünf Versuchspersonen genau einmal vorgekommen.

8.4. Ablauf

Das Experiment wird ausschliesslich am Computer durchgeführt. Zu Beginn erhalten die Versuchspersonen eine Anleitung zum Experiment in Form eines beschriebenen A4-Blattes (siehe Anhang). Nachdem sie es durchgelesen haben, überprüft der Versuchsleiter, ob die Einführung verstanden wurde und wiederholt mündlich die wichtigsten Punkte. Dabei betont er, dass die Fragen zum Vorwissen nur beantwortet werden sollen, wenn die Versuchspersonen die Antwort wissen (oder zu wissen glauben), ansonsten sie aber *weiss nicht* ankreuzen sollen. Im Gegensatz dazu können sie bei den der Präsentation folgenden Fragen (insbesondere bei jener zur Wahrnehmung) auch Antworten ankreuzen, von denen die Ver-

suchspersonen glauben, sie seien am ehesten richtig. Dieses Vorgehen wurde darum gewählt, um unbewusst aufgenommenes Wissen ebenfalls zu erfassen.

Die Zeitdauer der Präsentation richtet sich einerseits nach der Menge der vermittelten Information und andererseits nach der Spielzeit der flüchtigen Versionen (Animation, Voice). Innerhalb eines Themas ist die Zeitdauer der Präsentation immer gleich lang – unabhängig von der jeweiligen Version. Mit Ausnahme der Version AK werden alle Versionen zweimal nacheinander präsentiert. Die Version AK wird einmal abgespielt, danach können die Probanden für die restliche Zeit mit Hilfe des Kontrollbalken die gewünschten Teile des Film wiederholt betrachten. Bei allen Präsentationen ist eine rückwärts laufende Uhr eingeblendet, welche die verbleibende Zeit anzeigt. Nachdem die Zeit abgelaufen ist, erscheint während zirka 2 Sekunden ein Flimmerbild, bevor die drei Fragen zum jeweiligen Thema gestellt werden. Diese Fragen müssen einzeln beantwortet werden. Es besteht keine Möglichkeit, nach Beantwortung der zweiten Frage die Antwort der ersten Frage zu ändern. Nachdem die Versuchspersonen die drei Fragen beantwortet haben, können sie eine Pause einlegen, bis sie mit der nächsten Aufgabe beginnen wollen.

Versuchspersonen

Das Profil der Versuchspersonen sollte dem des interessierten Erwachsenen, der (noch) keinen Mittelschulabschluss hat, entsprechen. Dies, weil damit ein nicht allzu spezifisches Vorwissen in Biologie und Medizin erwartet werden muss und so die Wahrscheinlichkeit gross ist, dass die Versuchspersonen während dem Experiment etwas Neues lernen.

Die 27 Versuchspersonen konnten mehrheitlich dank der Mitarbeit der Schulleitung der *AKAD* und *der Kantonalen Maturitätsschule für Erwachsene (KME)* zur Teilnahme gewonnen werden. 24 Personen besuchen eine dieser beiden Schulen, zwei besuchen eine Fachhochschule und eine Person ist nicht in Ausbildung. Das Alter der Versuchspersonen liegt zwischen 18 und 39 Jahren, es sind 14 Frauen und 13 Männer. Die Versuchspersonen erhielten 25 Franken für die Teilnahme am Experiment, das etwa eine Stunde dauerte.

Vorversuche

Der Versuchsaufbau wurde im Vorversuch an sechs Personen getestet. Dabei sollte vor allem die Verständlichkeit der Themen, der Fragen sowie der Navi-

gationsinstrumente beurteilt werden. Diese war grösstenteils gegeben. Es wurde jedoch festgestellt, dass das zweifache Abspielen der Präsentationen für die Versuchspersonen mitunter langweilig und ermüdend ist. Dies vor allem bei der Version Animation allein (A), wo kein Ton die allenfalls vorkommenden Pausen überbrückt. Es wurde darum zu Beginn des Experimentes immer darauf hingewiesen, dass es teilweise langweilig werden könnte.

8.5. Resultate

Version

Präferenz

VERSION	MITTELWERT	STAND.-ABW.	STAND.-FEHL.
Animation (A)	1,6	1,4	0,27
Animation mit Kontrolle (AK)	2,5	1,3	0,25
Animation/Voice (AV)	3,5	0,51	0,10
Bild/Voice (BV)	3,0	1,2	0,22
Text/Bild (TB)	2,5	1,3	0,26

Tabelle 3: Mittelwert, Standardabweichung und Standardfehler der Präferenzangaben zu den Versionen. Die Skala reicht von 0=unbrauchbar bis 4=sehr gut

VERSION	PRÄFERENZ	VERSION	P-WERT <5%
Animation/Voice (AV)	>	Animation/Kontr. (AK)	0,0012
Animation/Voice (AV)	>	Animation (A)	<0,0001
Animation/Voice (AV)	>	Text/Bild (TB)	0,0008
Bild/Voice (BV)	>	Animation (A)	<0,0001
Animation/Kontr. (AK)	>	Animation (A)	0,0027
Text/Bild (TB)	>	Animation (A)	0,0039

Tabelle 4: Signifikanzwerte der Präferenz-Unterschiede zwischen den jeweiligen Versionen (Fishers PLSD).

KORRELATION ZWISCHEN	UND	Z-WERT	RHO	P-WERT
Präferenz für Version	Präferenz für Themen bei jeweiliger Version	5,39	0,465	<0,0001

Tabelle 5: Signifikanzwert der Korrelation zwischen den Präferenzen für eine Version und der Präferenz für das Thema der jeweiligen Version (Spearman Rang-Korrelation).

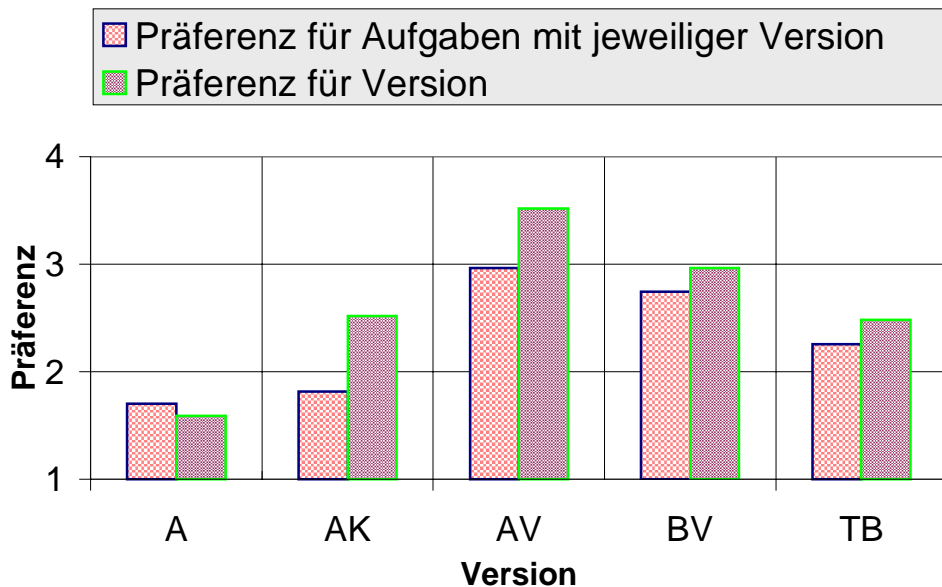


Abbildung 9: Mittelwerte der Antworten der Versuchspersonen auf die Fragen: "Wie haben Ihnen die verschiedenen Präsentationsarten behagt?" und "Wie haben Ihnen die einzelnen Präsentationen gefallen?" 0=unbrauchbar, 1=genügend, 2=neutral, 3=gut, 4=sehr gut

Fazit: Wie aus Abbildung 9 zu entnehmen ist, bevorzugen die Versuchspersonen Präsentationen, die Animation und gesprochene Sprache (AV) kombinieren. Die AV-Werte liegen mit einer Ausnahme signifikant (<1%) über den Werten der anderen Versionen. Die Ausnahme betrifft die Version Bild mit gesprochener Sprache (BV). Hier ist der Unterschied nicht signifikant, die Tendenz deutet aber auch hier auf eine Bevorzugung von AV hin. Die niedrigste Präferenz haben die Versuchspersonen für die Version Animation alleine (A). Die A-Werte liegen allesamt stark signifikant unter jenen der anderen Versionen.

Zwischen der Präferenz für eine Version und der Präferenz für das Thema, das in dieser Version präsentiert wurde, besteht eine positive Korrelation.

Wissen

Wahrnehmung

VERSION	MITTELWERT
Animation (A)	0,63
Animation mit Kontrolle (AK)	0,63
Animation/Voice (AV)	0,63
Bild/Voice (BV)	0,52
Text/Bild (TB)	0,48

Tabelle 6: Mittelwerte der Scores der Wahrnehmungsfrage bei den Versionen. Die Skala reicht von 0=falsch bis 1=richtig.

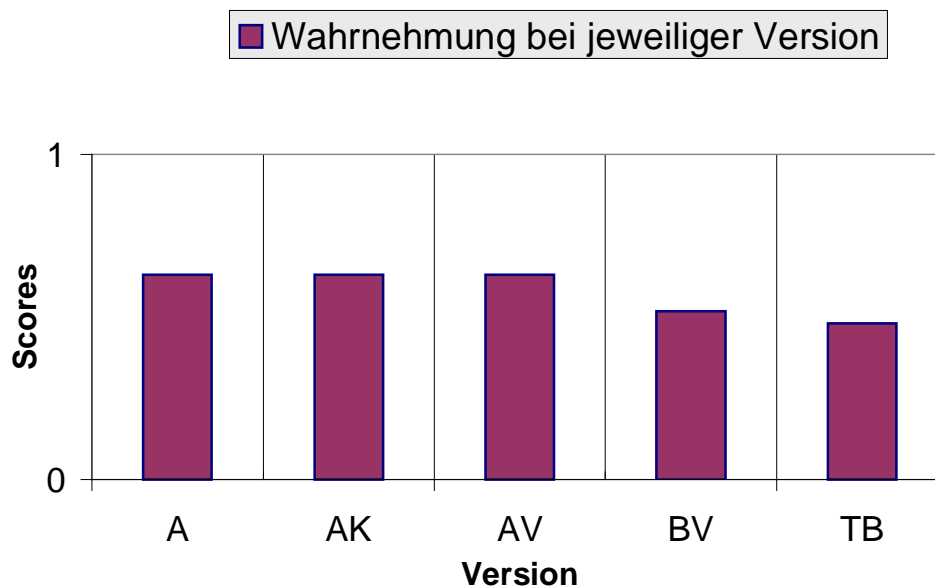


Abbildung 10: Mittelwerte der Antworten der Versuchsteilnehmer zur Wahrnehmungsfrage. 0=falsch, 1=richtig

Fazit: Die Unterschiede in der Wahrnehmungsfrage sind zwischen den verschiedenen Versionen nicht signifikant (5%). Die Versionen mit Standbildern (BV, TB) ergeben tendenziell schlechtere Resultate.

Passivwissen

VERSION	MITTELWERT	STAND.-ABW.	STAND.-FEHL.
Animation (A)	1,1	1,3	0,25
Animation mit Kontrolle (AK)	1,1	1,4	0,27
Animation/Voice (AV)	2,1	0,83	0,16
Bild/Voice (BV)	2,1	0,96	0,18
Text/Bild (TB)	1,6	1,5	0,29

Tabelle 7: Mittelwerte, Standardabweichung und Standardfehler der Scores der Passivwissensfrage bei den Versionen. Die Skala reicht von -3 bis +3 und bedeutet die Differenz der Anzahl richtigen und Anzahl falschen Aussagen.

VERSION	PASSIVWISSEN	VERSION	P-WERT <5%
Animation/Voice (AV)	>	Animation (A)	0,0021
Animation/Voice (AV)	>	Animation/Kontr. (AK)	0,0021
Bild/Voice (BV)	>	Animation (A)	0,0021
Bild/Voice (BV)	>	Animation/Kontr. (AK)	0,0021

Tabelle 8: Signifikanzwerte der Unterschiede des Passivwissens zwischen den jeweiligen Präsentationsarten (Fishers PLSD).

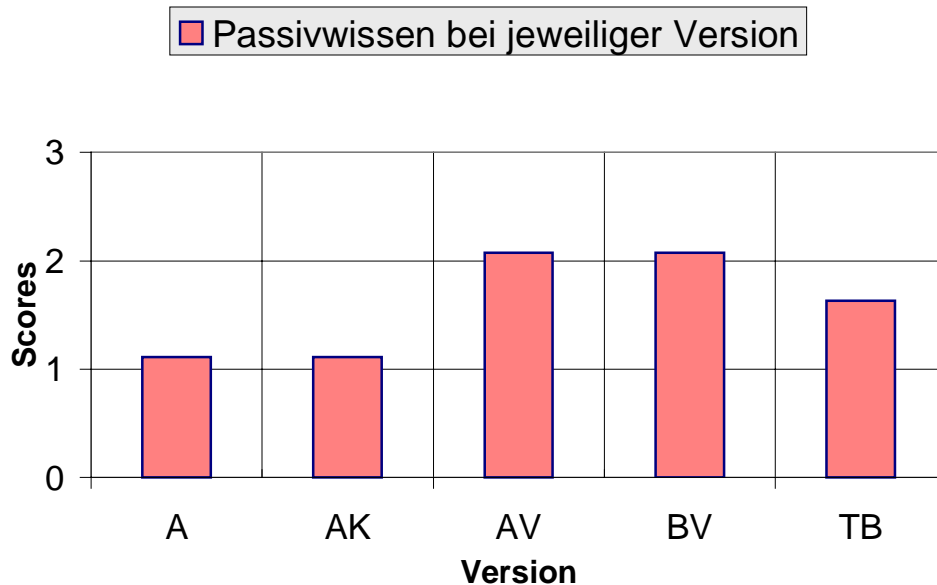


Abbildung 11: Mittelwerte der Antworten der Versuchsteilnehmer zur Frage nach dem Passivwissen. -3 bis +3=Differenz zwischen Anzahl richtigen und Anzahl falschen.

Fazit: Wie aus Abbildung 11 zu entnehmen ist, ergibt die Frage nach dem Passivwissen in den Versionen AV und BV signifikant bessere Resultate gegenüber den Versionen A und AK. Kein signifikanter Unterschied besteht zwischen den Versionen TB und A respektive TB und AK.

Aktivwissen

VERSION	MITTELWERT	STAND.-ABW.	STAND.-FEHL.
Animation (A)	3,3	2,2	0,42
Animation mit Kontrolle (AK)	2,8	2,1	0,40
Animation/Voice (AV)	3,7	2,0	0,39
Bild/Voice (BV)	4,0	1,8	0,35
Text/Bild (TB)	3,6	2,1	0,40

Tabelle 9: Mittelwerte, Standardabweichung und Standardfehler der Scores der Aktivwissensfrage bei den Versionen. Die Skala reicht von 0 bis 6 und bedeutet die Anzahl Punkte.

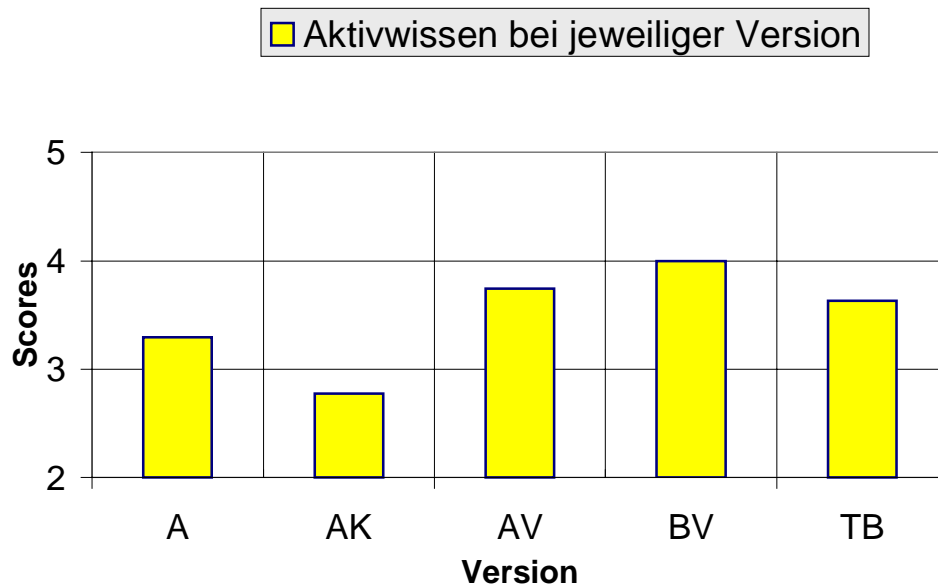


Abbildung 12: Mittelwerte der Antworten der Versuchsteilnehmer zur Frage nach dem Aktivwissen. 0 bis 6=mögliche Anzahl an Punkten.

Fazit: Bei der Frage nach dem Aktivwissen sind zwischen den Versionen keine signifikanten Effekte vorhanden.

Thema

Präferenz

THEMA	MITTELWERT	STAND.-ABW.	STAND.-FEHL.
Abseits-Regel (abseits)	2,4	1,5	0,29
Herz-Aktionen (herz)	2,9	1,3	0,24
Malaria-Zyklus (mal)	2,6	1,2	0,24
Eiweiss-Synthese (masch)	1,5	1,2	0,24
Sonnenfinsternis (sun)	2,1	1,5	0,29

Tabelle 10: Mittelwerte, Standardabweichung und Standardfehler der Präferenzwerte zu den Themen. Die Skala reicht von 0=unbrauchbar bis 4=sehr gut

THEMA	PRÄFERENZ	THEMA	P-WERT <5%
Abseits-Regel (abseits)	>	Eiweiss-Synthese (masch)	0,0089
Herz-Aktionen (herz)	>	Eiweiss-Synthese (masch)	0,0002
Malaria-Zyklus (mal)	>	Eiweiss-Synthese (masch)	0,0027
Herz-Aktionen (herz)	>	Sonnenfinsternis (sun)	0,0430

Tabelle 11: Signifikanzwerte der Präferenz-Unterschiede zwischen den jeweiligen Themen (Fishers PLSD).

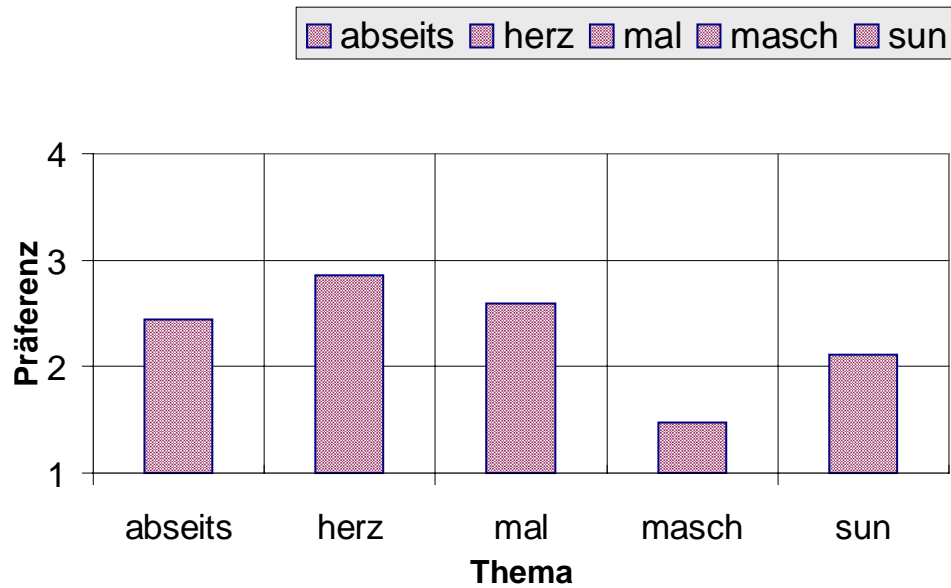


Abbildung 13: Mittelwerte der Antworten der Versuchspersonen auf die Frage: "Wie haben Ihnen die einzelnen Präsentationen gefallen?"
 0=unbrauchbar, 1=genügend, 2=neutral, 3=gut, 4=sehr gut

Fazit: Es bestehen Unterschiede in der Beurteilung der verschiedenen Lernthemen. Das Thema *Eiweiss-Synthese* wurde am wenigsten präferiert.

Wissen

Wahrnehmung

THEMA	MITTELWERT
Abseits-Regel (abseits)	0,48
Herz-Aktionen + EKG (herz)	0,59
Malaria-Zyklus (mal)	0,85
Eiweiss-Synthese (masch)	0,19
Sonnenfinsternis (sun)	0,78

Tabelle 12: Mittelwerte der Scores der Wahrnehmungsfrage bei den Themen. Die Skala reicht von 0=falsch bis 1=richtig.

THEMA	WAHR-NEHMUNG	THEMA	Z-WERT	P-WERT <5%
Malaria-Zyklus (mal)	>	Eiweiss-Synthese (masch)	-3,7	0,0002
Herz-Aktionen (herz)	>	Eiweiss-Synthese (masch)	-2,5	0,0125
Sonnenfinsternis (sun)	>	Eiweiss-Synthese (masch)	-3,1	0,0017
Malaria-Zyklus (mal)	>	Abseits-Regel (abseits)	-2,6	0,0108

Tabelle 13: Signifikanzwerte der Unterschiede der Wahrnehmung zwischen den jeweiligen Themen (Wilcoxon Vorzeichen-Rang-Test).

Fazit: Zwischen den Themen bestehen bezüglich der Wahrnehmungsfrage signifikante Unterschiede. Die Wahrnehmungsfrage beim Thema *Eiweiss-Synthese* wurde am schlechtesten beantwortet.

Passivwissen

THEMA	MITTELWERT	STAND.-ABW.	STAND.-FEHL.
Abseits-Regel (abseits)	1,9	1,4	0,26
Herz-Aktionen (herz)	1,5	1,6	0,30
Malaria-Zyklus (mal)	1,9	0,97	0,19
Eiweiss-Synthese (masch)	1,4	1,3	0,26
Sonnenfinsternis (sun)	1,3	1,1	0,21

Tabelle 14: Mittelwerte, Standardabweichung und Standardfehler der Scores der Passivwissensfrage bei den Themen. Die Skala reicht von -3 bis +3 und bedeutet die Differenz der Anzahl richtigen und Anzahl falschen Aussagen.

Fazit: Bei der Frage nach dem Passivwissen sind zwischen den Themen keine signifikanten Effekte vorhanden.

Aktivwissen

THEMA	MITTELWERT	STAND.-ABW.	STAND.-FEHL.
Abseits-Regel (abseits)	3,3	2,2	0,43
Herz-Aktionen + EKG (herz)	3,5	2,1	0,40
Malaria-Zyklus (mal)	2,9	2,0	0,39
Eiweiss-Synthese (masch)	4,3	2,1	0,40
Sonnenfinsternis (sun)	3,5	1,6	0,32

Tabelle 15: Mittelwerte, Standardabweichung und Standardfehler der Scores der Aktivwissensfrage bei den Themen. Die Skala reicht von 0 bis 6 und bedeutet die Anzahl Punkte.

Fazit: Bei der Frage nach dem Aktivwissen sind zwischen den Themen keine signifikanten Effekte vorhanden.

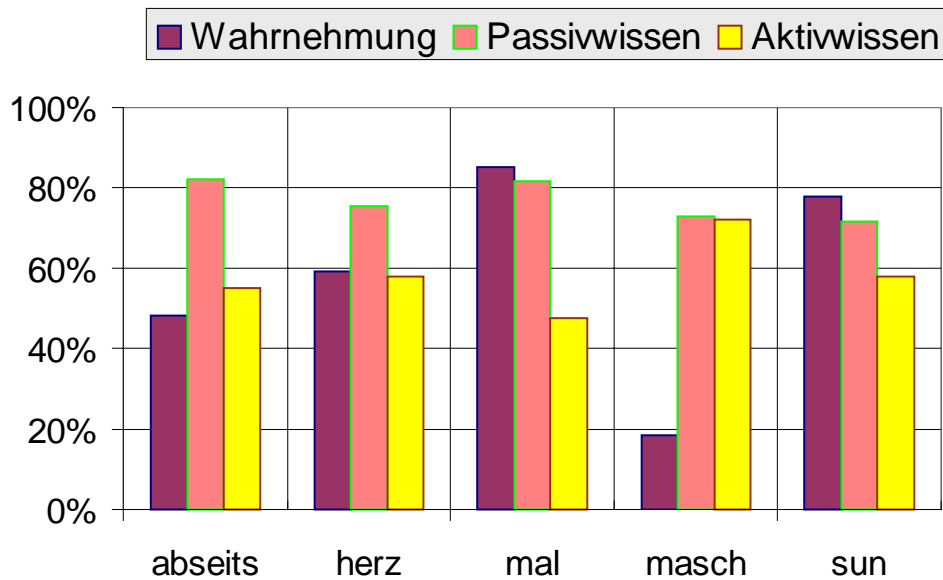


Abbildung 14: Prozentsatz der richtigen Antworten in den drei Wissensfragen bei den jeweiligen Aufgaben.

Schwierigkeit der Wissensfragen

KORRELATION ZWISCHEN	UND	Z-WERT	RHO	P-WERT
Passivwissen	Aktivwissen	3,61	0,312	0,0003
Wahrnehmung	Aktivwissen	2,35	0,203	0,0190

Tabelle 16: Signifikanzwerte der Korrelation zwischen den Leistungen in den drei Wissensfragen (Spearman Rang-Korrelation).

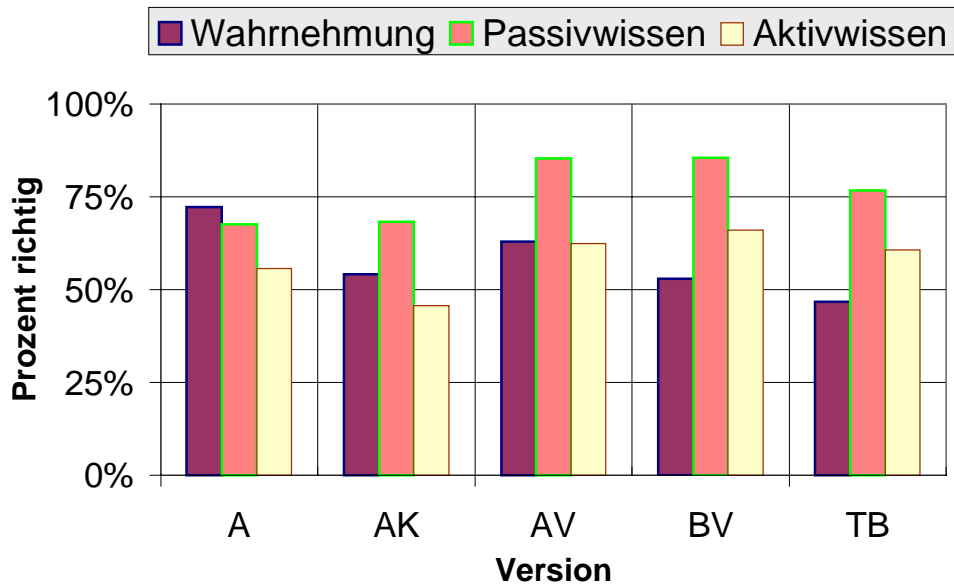


Abbildung 15: Mittlere Prozentzahlen der richtigen Antworten der Versuchspersonen zu den drei Wissensfragen, aufgeteilt in die fünf Versionen. Die Scores sind auf die mittlere Aufgabenschwierigkeit standardisiert.

Fazit: Wie aus Abbildung 15 zu entnehmen ist, ist die Frage zum Passivwissen in allen Versionen leichter zu beantworten als die Frage zum Aktivwissen. Die Wahrnehmungsfrage ist nur in den animierten Versionen (A, AK, AV) leichter oder gleich schwer zu beantworten als die Frage zum Aktivwissen.

Zwischen der Schwierigkeiten der Fragen nach dem Passiv- und dem Aktivwissen besteht eine positive Korrelation.

Kontrollvariablen

Alter, Geschlecht, Computerkenntnisse, Reihenfolge: Diese Variablen zeigen keine Interaktion mit den abhängigen Variablen.

Vorwissen: Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem Vorwissen der Versuchspersonen und der erzielten Gesamtleistung. Von 15 möglichen Paarungen des Themenvorwissens mit der erzielten Gesamtleistung in den Wissensfragen weisen 11 eine positive Korrelation ($p < 5\%$) auf. Hingegen besteht ein geringer Zusammenhang zwischen dem Themenvorwissen und der Leistung in den themenbezogenen Wissensfragen. Von den möglichen 15 Paarungen weisen vier eine positive Korrelation ($p < 5\%$) auf.

Validität der Vorwissensfragen: Diese ist gegeben, denn von den 27 Versuchspersonen haben lediglich zwei Personen eine der falschen Antworten der Nonsense-Frage angekreuzt. Die restlichen 25 Personen haben *weiss nicht* angekreuzt, was bei dieser Frage die richtige Antwort war.

Schulbildung: In der Aktiv- und der Passivwissensfrage schneiden die Mittelschulabsolventen signifikant ($p < 5\%$) besser ab als die Berufsschulabsolventen.

8.6. Bewertung der Resultate

Version

Präferenz

Das Ergebnis in Abbildung 9 bedeutet, dass Animationen nur dann geschätzt werden, wenn durch gesprochene Sprache eine Bildführung und/oder eine Erklärung des Gezeigten erfolgt. Die Versuchspersonen lehnen die Version A durchwegs ab. Dies kann zwei Gründe haben: zum einen enthält die Version A lediglich Legenden zur Erklärung des Lernthemas, sie weist also ein Defizit an Erklärungen auf, zum andern ist sie eine flüchtige Informationsdarbietung, die Versuchspersonen können also das Lerntempo nicht ihrem Wissensstand anpassen.

Aufgrund der vorliegenden Resultate haben die Versuchspersonen mit der Flüchtigkeit mehr Mühe, denn die ebenfalls ohne Erklärung dargebotene, dafür aber stabilere Version AK wird deutlich besser akzeptiert, und sie zeigt keinen Unterschied zu den beiden Versionen BV und TB, die beide gesprochene resp. geschriebene Sprache zur Erläuterung anbieten.

Die Versuchspersonen haben die Präsentationsart und das damit präsentierte Lernthema nicht unabhängig voneinander beurteilt – mit einer Ausnahme: Wie Abbildung 13 zeigt, wurde beim Thema *masch* (=Eiweissynthese) sehr wohl zwischen dem Lernthema und seiner Präsentationsform unterschieden, zu Ungunsten des Themas Eiweiss-Synthese.

Wissen

Wahrnehmung: Wie die Resultate in Abbildung 10 zeigen, führen die verschiedenen Präsentationsarten zu keinem signifikanten Unterschied in der Wiedererkennungslleistung von visuellen Merkmalen. Tendenziell kann auf eine verbesserte Wahrnehmung bei animierter Darstellung geschlossen werden. Dass die Versuchspersonen bei der Version Text mit geschriebener Sprache (TB) am schlechtesten abgeschnitten haben, lässt sich dadurch erklären, dass bei dieser Version die Aufmerksamkeit zwischen den beiden visuellen Codierungen Text und Bild aufgeteilt wird, somit also für die Betrachtung des Bildes weniger Zeit zur Verfügung steht.

Passivwissen: Die Resultate in Abbildung 11 zeigen, dass in Bezug auf den Erwerb von Passivwissen die Version Animation mit gesprochener Sprache (AV) und die Version Standbild mit gesprochener Sprache (BV) ebenbürtig sind. Beide Versionen führen aber zu signifikant besseren Leistungen als die Versionen Animation (A) und Animation mit Kontrolle (AK). Dies zeigt zum einen, dass die Versuchspersonen noch kein mentales Modell zu den präsentierten Lernthemen hatten und somit auf die zusätzliche Information der Versionen AV und BV angewiesen waren. Zum anderen bedeutet dieses Resultat aber auch, dass bei den gewählten Lernthemen kein Vorteil der bewegten Darstellung gegenüber der statischen Darstellung festgestellt werden kann, wenn die Darstellungen von gesprochener Sprache begleitet sind. Anders ist der Befund jedoch, wenn die statische Darstellung mit geschriebener Sprache erläutert wird: auch hier besteht kein signifikanter Unterschied zwischen der Version Standbild mit geschriebenem Text (TB) und den anderen Versionen. Dies bedeutet, dass die animierten Versio-

nen im Vergleich mit der statischen Version (TB) doch eine gewisse Potenz haben, da bei diesen Versionen (A, AK) trotz fehlender Erklärungen kein signifikanter Unterschied zu der Version TB ausgemacht werden kann.

Aktivwissen: In Bezug auf den Erwerb von Aktivwissen bestehen keine signifikanten Effekte. Tendenziell sind Unterschiede auszumachen, die den Befund beim Passivwissen unterstützen.

Thema

Präferenz

Wie in Tabelle 11 zu erkennen ist, wird das Thema Eiweiss-Synthese mit einer Ausnahme schlechter bewertet als die anderen Themen. Bei diesem Thema wurde ein mechanistischer Ansatz zur Erklärung und Visualisierung gewählt, der Aminosäuren, biologische Membranen etc. in ungewohnter Weise darstellte. Diese Darstellung behagte den Versuchspersonen nicht. Dies könnte bedeuten, dass die üblichen Darstellungskonventionen für biochemische Prozesse auch für Novizen Gültigkeit haben. Ein anderer Grund für dieses Ergebnis könnte sein, dass die Vpn das Lernthema – nicht die Darstellung – unattraktiv fanden.

Wissen

Wahrnehmung: Wie in Tabelle 13 zu erkennen ist, ergibt sich beim Wahrnehmungswissen ein ähnliches Bild wie bei der Präferenz: Die Präsentation des Themas Eiweiss-Synthese (masch) führt zu schlechterer Wahrnehmung. Dies kann zwei Gründe haben. Entweder führt die Abneigung (siehe Präferenz) zu einer schlechteren Wahrnehmung oder die Wahrnehmungsfrage zur Eiweiss-Synthese war im Vergleich mit den anderen Wahrnehmungsfragen schwerer zu lösen.

Passiv- und Aktivwissen: Wie aus der Abbildung 14 zu entnehmen ist, besteht bei diesen Fragen kein Leistungsunterschied zwischen den verschiedenen Lernthemen.

Schwierigkeit der Wissensfragen

Passiv- und Aktivwissen: Die positive Korrelation zwischen den Scores des Passivwissens und jenen des Aktivwissens in den jeweiligen Versionen bedeutet, dass mit beiden Fragen die selben Effekte zwischen den Versionen gemessen wurde. Die durchwegs höheren Werte bei der Passivwissensfrage können zweierlei bedeuten: entweder sind die Fragen zum Passivwissen einfacher gestellt als jene zum Aktivwissen oder mit dem gewählten Versuchsaufbau wird der Erwerb von Passivwissen begünstigt.

Kontrollvariablen

Vorwissen: Dass die Versuchspersonen mit dem grösseren Vorwissen auch die besseren Leistungen insgesamt erzielen, erstaunt nicht. Bei genauerem Hinschauen stellt sich aber heraus, dass dieser Effekt beim Vergleich des themenspezifischen Vorwissens mit der Leistung im betreffenden Lernthema nicht mehr ausgeprägt vorhanden ist. Also waren die Fragen zu den Lernthemen genügend spezifisch gewählt, so dass sie den vorhandenen Vorwissenseffekt abschwächen konnten.

Schulbildung: Die Versuchspersonen lassen sich bezüglich dieser Variablen in die Gruppen mit Sekundarschul-, Berufsschul oder Mittelschulabschluss unterteilen. Letztere hatten mit zwei Ausnahmen eine Berufs- (BMS) oder Diplommittelschule (DMS) absolviert. Da lediglich vier Personen nur einen Sekundarschulabschluss haben, wird mit ihnen keine Gruppe gebildet. Zwar schneidet die Gruppe der Mittelschulabsolventen bezüglich Aktiv- und Passivwissen besser ab, als die Gruppe der Berufsschulabsolventen. Es besteht aber keine Interaktion zwischen der Kontrollvariablen *Schulbildung* und den unabhängigen Variablen *Thema* und *Version*, weshalb dieser Effekt keinen Einfluss auf die Ergebnisse hat.

Validität der Vorwissensfragen: Da 25 von 27 Versuchspersonen bei der Nonsense-Frage *weiss nicht* angekreuzt haben, kann davon ausgegangen werden, dass sie auch die restlichen Fragen wahrheitsgetreu angekreuzt haben.

Alter, Geschlecht, Reihenfolge, Computerkenntnisse: Da diese Variablen keine Interaktion mit den abhängigen Variablen zeigen, sind die vorhandenen Effekte nicht durch einen versteckten Einfluss dieser Kontrollvariablen zustande

gekommen. Dass insbesondere die Reihenfolge keinen Einfluss auf die Lernleistung hat zeigt, dass die Versuchspersonen während dem Versuch weder ermüdeten noch die Fragen durchschaut haben.

8.7. Beurteilung der Hypothesen

Zum Schluss sind nachfolgend nochmals die vier Hypothesen aufgeführt.

- I.** H1 (Aspekt Bewegung): Animationen mit gesprochener Sprache erzeugen einen höheren Lerneffekt als Standbilder mit gesprochener Sprache.
- II.** H2 (Aspekt Bewegung): Standbilder mit gesprochener Sprache erzeugen den gleichen Lerneffekt wie Animationen ohne verbale Erklärung.
- III.** H3 (Aspekt Bewegung): Standbilder mit geschriebener Sprache erzeugen den gleichen Lerneffekt wie Animationen ohne verbale Erklärung.
- IV.** H4 (Aspekt Stabilität): Mit Animationen wird ein höherer Lerneffekt erzeugt, wenn die Benutzer die Möglichkeit haben, Redundanz und Tempo der Präsentation zu bestimmen.

HYPOTHESE	WAHRNEHMUNG	PASSIVWISSEN	AKTIVWISSEN
H1	verworfen	verworfen	verworfen
H2	beibehalten	verworfen	beibehalten
H3	beibehalten	beibehalten	beibehalten
H4	verworfen	verworfen	verworfen

Tabelle 17: Beurteilung der Hypothesen aufgeteilt in die drei getesteten Wissensarten Wahrnehmung, Passivwissen und Aktivwissen.

Wie Tabelle 17 zeigt, wird für das Abschneiden im gesamten Wissenstest H3 eindeutig und H2 teilweise beibehalten. H1 und H4 werden verworfen.

9. DISKUSSION

Bislang haben die Entwickler von Lernprogrammen die neuen Möglichkeiten von Multimedia-Systemen eher intuitiv eingesetzt. Dies hat seinen guten Grund: Es fehlen schlicht die empirisch einigermaßen abgesicherten Befunde, welche es erlauben würden, die Integration der verschiedenen Codierungen in einer kognitionspsychologischen begründeten Art und Weise vorzunehmen. Von Forschenden ist der Verdacht geäußert worden, dass zum Beispiel Animationen und Geräusche eingesetzt würden, um den Lernenden zu imponieren.

Aspekt Präferenz: Dass der Einsatz von Bewegtbild und Ton gut ankommt, bestätigt auch diese Arbeit: Die Versuchspersonen (Vpn) des Experimentes bevorzugten deutlich jene Präsentationen, die entweder Animation und Ton oder Standbild und Ton anbieten. Dass die animierte Version ohne Ton und ohne Kontrollmöglichkeit (A) abgelehnt wird, dürfte am fehlenden Informationsgehalt dieser Version liegen. Darauf weisen einerseits die erhöhten Präferenzwerte für die Version AK hin. Diese Version erlaubt es den Vpn, ein gewisses Mass an Kontrolle über den Ablauf der Animation zu erlangen. So erhalten sie die Möglichkeit, den Informationsfluss zu strukturieren und damit auch verständlicher zu machen, was eine grössere Zufriedenheit bei AK bewirkt. Andererseits äusserten viele Vpn ihr Unbehagen bei der Version A. Sie fühlten sich allein gelassen, wenn sie lediglich Legenden zur Erklärung erhielten. Auf eine Bevorzugung von Animationen weist das Resultat hin, dass die Version AK – obwohl auch sie keine Erklärungen anbietet – gleich geschätzt wird, wie die Versionen Bild/Voice (BV) und Text/Bild (TB). Zusammenfassend kann also klar bestätigt werden, dass Animationen eine motivierende Wirkung auf die Lernenden ausüben.

Aspekt Bewegung: Wie in der Hypothese H3 angenommen, kann kein signifikanter Unterschied zwischen den Versionen TB und AK respektive TB und A festgestellt werden, obwohl es bekanntlich den Versionen AK und A an verbalen Erklärungen mangelt und die Vpn über kein Vorwissen verfügen, das diesen

Mangel wett machen würde. Dies heisst also, dass der Verständnissgewinn durch Animationen gegenüber Standbildern in etwa der Behinderung entspricht, die ein geschriebener Text neben einem Standbild verursacht. Die weiteren Resultate dieser Arbeit bestätigen in ihrer Tendenz die Hypothesen. Ein signifikanter Leistungsunterschied zwischen den verschiedenen Präsentationsarten lässt sich aber lediglich in Bezug auf den Erwerb von Passivwissen finden: Versionen, die gesprochene Erklärungen anbieten (AV, BV) bewirken bessere Leistungen als Versionen, die keine verbalen Informationen anbieten (A, AK). Dieses Resultat bestätigt, dass die Vpn kein Vorwissen zu den Themen hatten, sie waren also auf die verbale Information bei den Versionen AV und BV angewiesen, um die Fragen zum Passivwissen beantworten zu können. Weshalb zwischen den Versionen AV und BV – im Widerspruch zur Hypothese H2 – kein signifikanter Lernunterschied festgestellt wird, darüber kann spekuliert werden. Möglich ist, dass die gleichzeitige Darbietung von gesprochenen Erklärungen den erwarteten Effekt zwischen Bewegt- und Standbild "überdeckt".

Aspekt Stabilität: Bezüglich der Bereitstellung von Kontrollmöglichkeit bei Animationen ist das Resultat widersprüchlich: einerseits schätzen es die Vpn, wenn sie mit einem Kontrollbalken das Abspielen der Animation beeinflussen können, andererseits erzielen sie aber damit keine signifikant besseren Resultate im Lerntest. Der Versuchsleiter konnte feststellen, dass etliche Vpn mit dem Quick-Time Kontrollbalken Mühe hatten. Es fehlte ihnen anscheinend am nötigen Meta-Wissen, um dieses Instrument effizient zu nutzen. Ein Problem der Kontrollmöglichkeit ist für Novizen auch, dass sie gar nicht wissen, wie der Lernstoff zu strukturieren wäre, welches also die wichtigen Informationen sind. Hier zeigt sich die schon andernorts festgestellte Notwendigkeit [11, 26], die Lernenden im Vorfeld der Präsentation auf die relevante Aspekte der Animation aufmerksam zu machen.

Das Ergebnis dieser Arbeit gesellt sich in die Reihe anderer Studien: Es sind Tendenzen der Überlegenheit von bewegter gegenüber statischer Darstellung vorhanden. Die in dieser Arbeit gewählten Lernthemen und ihre Darstellungen sind eher heterogen (siehe Kapitel 8.5 *Thema*). Die gefundenen Tendenzen und Effekte dürften also wesentlich stärker ausfallen, wenn das Präsentationsdesign und die Themenwahl systematisch optimiert werden.

10. AUSBLICK

Die messbaren Lernunterschiede zwischen animierter und statischer Darstellung dynamischer Lerninhalte sind klein. Um so mehr bedarf es der Kenntnis der genauen Umstände, unter welchen positive Effekte beim Einsatz von Animationen zu erwarten sind. Zentrale, bislang wenig erforschte Faktoren stellen das Präsentationsdesign sowie die Klassifizierung der Lernthemen dar. Zwar bestehen Ansätze der Klassifizierung: Sutcliffe [26] unterteilt die Lerninhalte von *abstract* über *value* bis hin zu *causal*. Für jeden seiner insgesamt zwölf Informationstypen nennt er Beispiele, die aber allesamt "atomaren" Charakter haben, also lediglich als Bestandteile eines komplexeren Lernthemas dienen können. Für die Klassifizierung von Lernthemen mit komplexen, kausalen Zusammenhängen ortet auch Sutcliffe noch einigen Forschungsbedarf.

Die in dieser Arbeit vorgenommene Messung der Lernleistung durch Wahrnehmung, Passiv- und Aktivwissen ist erst eine grobe Einteilung und wirft neue Fragen auf. Welche Art von Wissen wird mit Animationen effizienter erworben? Oder: sind parallele Effekte beim Langzeitwissen zu erwarten? Bis zum Zeitpunkt an dem die Forschung klare Aussagen darüber machen können, unter welchen Umständen der Einsatz von Animationen sinnvoll ist, dürfte der Fokus der Fragestellung auch auf einer anderen Ebene liegen: wie wichtig sind motivationale Faktoren der Lernenden für einen nachhaltigen Wissenserwerb? Sicherlich muss zwischen der zeit- und kostenintensiven Produktion von Animationen einerseits und der erwarteten Lern- und Motivationssteigerung andererseits abgewogen werden. Zusammenfassend ist festzuhalten, dass im Forschungsgebiet an der Schnittstelle von Multimedia, Didaktik und Kognitionspsychologie noch einiges brach liegt.

II. GLOSSAR

- Area striata:** Primäre Sehrinde im Hinterhauptlappen des Cortex
- Areale, extrastriäre visuelle:** Teile des Cortex, die an der visuellen Wahrnehmung (Erlebens) beteiligt sind, die ausserhalb des primären visuellen Cortex liegen.
- Argument, visuelles:** Bildelement, das die beabsichtigte Aussage visualisiert
- Axon:** Der Teil des Neurons, der Nervenimpulse weiterleitet. Auch als Nervenfasern bezeichnet.
- Bewegung, stroboskopische:** Die Illusion einer Bewegung von einer Reizquelle zur anderen als Funktion der zeitlichen Aufeinanderfolge der Reize.
- Bipolare Zellen:** Ein Element des Nervensystems, das Impulse von den Stäbchen und Zapfen zu den Ganglienzellen weiterleitet.
- Chiasma opticum:** Struktur am Boden des Zwischenhirns wo sich die beiden Sehnerven kreuzen.
- Codierung:** Kennzeichnung, Verkürzung oder Umwandlung häufig wiederkehrender Informationen.
- Colliculus superior:** Eine neuronale Struktur in der Gehirnbasis, die insbesondere die Augenbewegungen kontrolliert.
- Cornea, Hornhaut:** Die durchsichtige Struktur des Auges, die das Licht als erste passiert, wenn es ins Auge einfällt. Sie bildet das erste und wichtigste lichtbrechende Element des Auges.
- Corpus geniculatum laterale:** Kern im Thalamus, der Signale vom Sehnerv erhält und von dem aus Fasern zum primären visuellen Cortex ziehen.
- Corpus geniculatum mediale:** Kern im Thalamus, der Signale vom Hörnerv erhält und von dem aus die Fasern zur Hörrinde ziehen.
- Cortex, mediotemporaler:** Jener Teil des Cortex, der mit der Analyse von Bewegung betraut ist.
- Darstellungscodes:** In bildlichen Darstellungen verwendete Linien, Schattierungen etc., die einer Konvention der Interpretation unterliegen.

- Fovea, Sehgrube:** Ort des schärfsten Sehens in der Retina, mit ausschliesslich Zapfenrezeptoren.
- Gestaltgesetze:** Mehrere von den Gestaltpsychologen entwickelte Regeln, die beschreiben, wie Elemente in der Wahrnehmung zu grösseren Konfigurationen gruppiert werden.
- Haarzellen:** Sinneszellen des Gehörs, welche die Wellenbewegung der Schneckenflüssigkeit in Nervenimpulse umwandeln.
- Haptisch:** Den Tastsinn betreffend.
- Heuristik:** Eine einfache Abkürzungsmethode oder Strategie, um ein Problem zu lösen oder eine Entscheidung zu treffen. Steht im Gegensatz zu der blinden mechanischen Überprüfung aller möglichen Alternativen. Heuristische Methoden sind rascher, aber nicht immer besser.
- Hypersäule:** Eine Säule des visuellen Cortex mit etwa einem Millimeter Kantenlänge. Man kann sie sich als eine Verarbeitungseinheit für einen kleinen Bereich der Netzhaut vorstellen.
- Induzierte Bewegung:** Scheinbare Bewegung eines unbeweglichen Objekts, hervorgerufen durch die Bewegung anderer in der Nähe befindlicher Objekte.
- Karte, retinotop:** Die neuronale Kartierung in einer Struktur im visuellen System, etwa dem Corpus geniculatum laterale oder dem Cortex. Sie gibt diejenigen Orte auf dieser Struktur an, die Orten auf der Netzhaut entsprechen. Auf retinotopen Karten kommen Orte, die auf der Netzhaut nebeneinander liegen, auch in den jeweiligen neuronalen Strukturen nebeneinander zu liegen.
- Kognitionspsychologie:** Teilbereich der Allgemeinen Psychologie, der sich mit mentalen Prozessen wie Denken, Wahrnehmen, Erinnern usw. befasst.
- Magnozelluläre Neuronen:** Nervenzellen in den Schichten 1 und 2 des Corpus geniculatum laterale, die Signale von den M-Ganglienzellen der Retina erhalten.
- Medium, medial:** Im technischen Sinn: Träger oder Vehikel für kommunikative Inhalte, den Träger oder das Vehikel betreffend.
- Mentales Modell:** Geistiges Objekt, das bildhafte und propositionale Anteile besitzt.
- M-Ganglienzelle:** Grosser Typ von Ganglienzellen, deren Signale in die temporale Bahn münden und der am besten auf runde Objekte im Gesichtsfeld antwortet, deren Kontrast sich mit der Zeit verändert.
- Modal:** Die Sinnessysteme betreffend.
- Novize:** Anfänger, jemand ohne Vorwissen oder Vorkenntnisse in einem Thema oder einer Fertigkeit.
- Olfaktorisch:** Den Geruchssinn betreffend.
- Olivenzentrum:** Im Hirnstamm befindliche zweite Relaisstation am Weg der akustischen Informationen vom inneren Ohr zur Hörrinde.
- Parietale Bahn:** Die visuelle Bahn vom Hinterhaupt- zum Scheitellappen, in der vor allem die Information über den Ort eines Objekts verarbeitet wird.

Parietalregion, Scheitellappen: Oben in der Mitte gelegene Region des Cortex, die Sitz des somatosensorischen Zentrums ist.

P-Ganglienzelle: Kleiner Typ von Ganglienzellen, deren Signale in die parietale Bahn münden.

Physiologische Psychologie: Das Studium der Körperteile (Anatomie) und der Funktionen (Physiologie), die für die psychologischen Phänomene von Bedeutung sind. Der ganze Organismus spielt dabei eine Rolle, die Aufmerksamkeit konzentriert sich gewöhnlich auf das Nervensystem.

Piktorial: Das Bild betreffend.

Proposition: Grundeinheit oder Symbol einer hypothetischen mentalen Sprache.

Prozess, attentiv: Bewusst gesteuerte, absichtsvolle und zielgerichtete Bildwahrnehmung

Prozess, prä-attentiv: Kurze, unbewusst ablaufende Bildwahrnehmung zur Strukturierung und zum schnellen Erkennen.

Psychophysik: Studium der Beziehungen zwischen der Beschaffenheit verschiedener sensorischer Erfahrungen und den Charakteristika der physikalischen Reizen, die diese hervorrufen.

Retina, Netzhaut: Ein komplexes mehrschichtiges neuronales Netzwerk, das den Augenhintergrund auskleidet

Rezeptorzelle: Die Zelle eines Sinnesorgans wie des Auges, die empfänglich für eine bestimmte Art von Reizenergie ist. Sie wandelt die Reizenergie, die sie empfängt, in die Energie eines Nervenimpulses um.

Sinnesmodalität: Bezeichnet die Sinnesorgane, mit denen ein Empfänger ein mediales Angebot wahrnehmen oder mit ihm interagieren kann.

Steuerungscode: Vergleiche, Kontrastierungen, Vergrößerungen etc., welche die Bildrezeption lenken sollen.

Temporale Bahn: Visuelle Bahn vom Hinterhauptlappen zum Schläfenlappen. Sie verarbeitet vor allem die Information darüber, was ein Objekt charakterisiert und nicht wo es sich befindet.

Thalamus: Ein Nucleus im Gehirn, in dem Neuronen für alle Sinnesmodalitäten ausser dem Riechen auf ihrem Weg zu ihren primären sensorischen Arealen durch Synapsen verschaltet sind.

Wahrnehmungspsychologie: Teilbereich der Allgemeinen Psychologie, in dem die psychophysiologischen Gesetzmässigkeiten der Reizaufnahme und -verarbeitung untersucht werden.

III. LITERATUR- VERZEICHNIS

- [1] Hasebrook, J. (1995). *Multimedia-Psychologie: eine neue Perspektive menschlicher Kommunikation*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- [2] Weidenmann, B. (1995). *Abbilder in Multimedia-Anwendungen*. In: Issing, L., Klisma, P. (Ed.) *Information und Lernen mit Multimedia - ein Lehrbuch zur Multimedia-Didaktik*. Heidelberg: Springer.
- [3] Weidenmann, B. (1988). *Psychische Prozesse beim Verstehen von Bildern*. Bern: Verlag Hans Huber.
- [4] Paechter, M. (1996). *Auditive und visuelle Texte in Lernsoftware*. Münster: Waxmann.
- [5] Weidenmann, B. (1993). *Instruktionsmedien*. Arbeiten zur Empirischen Pädagogik und Pädagogischen Psychologie. Institut für Erziehungswissenschaften und Pädagogische Psychologie. München: Universität der Bundeswehr München.
- [6] Weidenmann, B. (1994). Informierende Bilder. In: Weidenmann, B. (Ed.). *Wissenserwerb mit Bildern*. Bern: Verlag Hans Huber.
- [7] Nawrot, C., Shannon, E., Rizzo, M. (1996). The Relative Efficacy of Cues for Two-dimensional Shape Perception. *Vision Research, Vol 36, No. 8*, 1141-1152.
- [8] Watamaniuk, S. N.J., McKee, S. P., Grzywacz, N. M. (1995). Detecting a Trajectory Embedded in Random-direction Motion Noise. *Vision Research, Vol 35, No. 1*, 65-77.

- [9] Goldstein, E. B. (1996). *Sensation and Perception*. Pacific Grove: Brooks/Cole. Deutsch: (1997). *Wahrnehmungspsychologie. Eine Einführung*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- [10] Krech, D., Crutchfield, R. S. (1992). *Grundlagen der Psychologie*. Benesch Hellmuth (Ed.). Weinheim: Beltz Psychologie Verlags Union.
- [11] Lewalter, D. (1997). *Lernen mit Bildern und Animationen: Studie zum Einfluss von Lernermerkmalen auf die Effektivität von Illustrationen*. Münster: Waxmann.
- [12] Rieber, L. P. (1990). Animation in computer-based instruction. *Educational Technology Research and Development*, 38, 77-86.
- [13] Wright, P., Lickorish, A. (1989). Color cues as location aids in lengthy texts on screen and paper. *Behavior and Information Technology*, 7, 11-30.
- [14] Dillon, A., Mc Knight, C., Richardson, J. (1988). Reading from paper versus reading from screen. *The Computer Journal*, 31, 457-464.
- [15] Bury, K. F., Boyle, J. M., Evey, R. J., Neal, A. S. (1982). Windowing versus scrolling on a visual display terminal. *Human Factors*, 24, 385-394.
- [16] Pollack, I., Pickett, J. M. (1964). The intelligibility of excerpts from fluent speech: auditory vs. structural context. *Language and Speech*, 6, 151-165.
- [17] Van Nes, F. L. (1988). Multimedia workstations for the office. *IPO Annual Progress Report 23*, 104-111.
- [18] Charleston, D. E., Broyer, R. W. (1990). Auditory search using vowel sounds. *Perceptual and Motor Skills*, 70, 1289 - 1290.
- [19] Baddeley, A. D., Lieberman, K. (1980). Spatial working memory. In: Nickerson, R. S. (Ed.) *Attention and performance. Vol VII*, 521 - 540.
- [20] Engelkamp, J., Zimmer, H. D. (1990). Unterschiede in der Repräsentation und Verarbeitung von Wissen in Abhängigkeit von Kanal, Reizmodalität und Aufgabenstellung. In: Böhme-Dürr, K., Emig, J., Seel, N. (Ed.) *Wissensveränderung durch Medien*, München: Saur

- [21] Thews, G., Mutschler, E., Vaupel, P. (1991). *Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen*. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH.
- [22] Kandel, E. R. (1995). *Essentials of Neural Science and Behavior*. ? : Appleton & Lange. Deutsch: (1996). *Neurowissenschaften: eine Einführung*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- [23] Anderson, J. R. (1985). *Cognitive Psychology and Its Implications*. New York: W. H. Freeman and Company. Deutsch: (1989). *Kognitive Psychologie: Eine Einführung*. Heidelberg: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft.
- [24] Pylyshyn, Z. W. (1981). The imagery debate: Analoge Media versus tacit knowledge. *Psychological Review*, Vol 88, 16-45.
- [25] Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual-coding approach*. New York: Oxford University Press
- [26] Sutcliffe, A. (1999). Designing Multimedia Presentations. *HCI International 99: Tutorial of 8th International Conference on Human-Computer-Interaction*.
- [27] Kaiser, J. (1999). Bewertung multimedialer Darstellungsformen unter didaktischen Gesichtspunkten. *Diplomarbeit an der ETH Zürich*.
- [28] Rieber, L. P., Kini, A. S. (1991). Theoretical foundations of instructional applications of computer-generated animated visuals. *Journal of Computer-Based Instruction*, 18, 83-88.
- [29] Breinholt, G., Krueger, H. (1996). Logfiles for Event-driven Applications. *Advances in Occupational Ergonomics and Safety I, Vol. 2, 607 - 612*.
- [30] Buck, S. (1993). Entwicklung von Grundlagen für kognitionspsychologisch orientierte Richtlinien zur Gestaltung von Multimedia-Produkten. *Dissertation an der Universität GH Paderborn*.
- [31] Strittmatter, P. (1994). Wissenserwerb mit Bildern bei Film und Fernsehen. In: Weidenmann, B. (Ed.). *Wissenserwerb mit Bildern*. Bern: Verlag Hans Huber.
- [32] Rieber, L. P. (1991). Animation, incidental learning and continuing motivation. *Journal of Educational Psychology*, 83, 318-328.

IV. DANKSAGUNG

In erster Linie möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Dr. H. Krueger bedanken, der mir die Möglichkeit gab, am Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETH Zürich meine Diplomarbeit zu schreiben.

Besonderer Dank gebührt Frau Dr. Sissel Guttormsen Schär, die mich bestens betreut hat und die mir mit ihrem Know-how in Sachen Entwurf und Durchführung von psychologischen Experimenten mit Rat und Tat zur Seite gestanden ist. Für seine Hilfe und seine Geduld bei Fragen zur Gestaltung und Programmierung des Experimentalaufbaus möchte ich mich bei Dr. Fred Voorhorst ganz herzlich bedanken. Besonderer Dank auch an die ganze Gruppe *Man Machine Interaction*, in der eine äusserst motivierende Arbeitsatmosphäre herrscht.

Des weiteren bedanke ich mich bei allen, die zum Gelingen des Experimentes beigetragen haben:

Ein grosses Dankeschön geht an die Klasse des ersten Studienjahrgangs des Fachbereichs *Neue Medien* der Hochschule für Gestaltung und Kunst Zürich und an ihren Dozenten Walter Stulzer sowie an Ulrich Schulze Althoff und Holger Mochmann von der Universität Karlsruhe. Sie alle haben grosse Arbeit beim Design und bei der Herstellung der Animationen geleistet.

Weiterer Dank auch an Peter Grassl, Rektor der AKAD, der mit seinem Einsatz viele Versuchspersonen für das Experiment gewinnen konnte.

Und ganz herzlich bedanke ich mich bei Ruth Jahn, die ihre Stimme zur professionellen Vertonung der Animationen geliehen hat und bei Andreas Osterwalder. Sie beide haben meine Diplomarbeit kritisch gegengelesen und sind dem einen oder anderen Tippfehler auf die Schliche gekommen.

Hans-Jörg Zuberbühler

Zürich, im Oktober 1999

VERZEICHNIS DES ANHANGES

Fragen zum Vorwissen:.....	71
Fragen zum Lernerfolg.....	74
Ausgewählte Screenshots	76
Zuordnung Logfiles.....	79
Skript "control-random"	79
Skript "Logfiles"	79
Einführungstext.....	81

V. ANHANG

Fragen zum Vorwissen:

Abseits-Regel einfach:

"In welcher Sportart gibt es die Abseits-Regel?"

- weiss nicht
- Handball
- Fussball (**richtig**)
- Baseball
- Golf
- Springreiten"

Abseits-Regel schwierig:

"Wer wurde an der Fussball-WM im Jahr 1994 Weltmeister?"

- weiss nicht
- Italien
- Frankreich
- Deutschland
- Brasilien (**richtig**)
- Argentinien"

Herzaktionen einfach:

"EKG steht für

- weiss nicht
- Elektrokardiogramm (**richtig**)
- Eiweisskoagulationsgewinnung
- Eigenkapitalgewinn
- Erythrozytenkarzinogenese
- Einkorngerste"

Herzaktionen schwierig:

"Der Sinusknoten ist

- weiss nicht
- eine definitionsgemäss unlösbare mathematische Funktion
- die Anhäufung von Sternen in der Nähe des Grossen Bären
- die wellenförmige Anordnung der Tuberkulose-Erreger in der Lunge
- der Ort der Erregungsbildung am Herzen (**richtig**)
- ein Bestandteil der tierischen Zelle"

Malaria einfach:

"Welche der folgenden Krankheiten wird durch eine Infektion ausgelöst?

- weiss nicht
- Skorbut
- Malaria (**richtig**)
- Migräne
- Pollen-Allergie
- Hirnschlag"

Malaria schwierig:

"Sporozoiten sind

- weiss nicht
- Stiefelbeschläge im Reitsport
- spezialisierte Formen von Krankheitserregern (**richtig**)
- postulierte Paralleluniversen in der Astrophysik
- Fortsätze am Dünndarm
- eiweissreiche Fächerpilze"

Eiweiss-Synthese einfach:

"Im menschlichen Körper kommen Eiweisse hauptsächlich vor als

- weiss nicht
- Transportstoffe
- Baustoffe (**richtig**)

- Energielieferanten
- Ballaststoffe
- Abfallstoffe"

Eiweiss-Synthese schwierig:

"Im menschlichen Körper werden Eiweisse

- weiss nicht wo
- in den Mitochondrien
- an den Ribosomen (**richtig**)
- in den Blutzellen
- im Knochenmark
- in der Unterhaut

produziert"

Sonnenfinsternis einfach:

"Die Korona ist

- weiss nicht
- das elektromagnetische Feld um den menschlichen Körper
- die Bezeichnung für den 25-Punkte-Vorsprung im Basketball
- die ringförmige Anordnung von Pilzen im Wald
- die heisse Zone, welche die Sonne umgibt (**richtig**)
- der Sitz der Königin im Ameisenstaat"

Sonnenfinsternis schwierig:

"Der Mondknoten ist

- weiss nicht
- der Schnittpunkt der Mondumlaufbahn mit der Ekliptik (**richtig**)
- ein Knoten, der früher in der Segelschiffahrt beherrscht wurde
- das Mass für die Geschwindigkeit, mit welcher der Mond am Horizont auf- und untergeht
- die Verästelung der Blutgefässe um den Bauchnabel herum
- ein Ausdruck im Fussball, der eine spezielle Spieltaktik beschreibt"

unsinnige Frage:

"Plasmotonie ist die Bezeichnung für

- weiss nicht (**richtig**)
- die schallartige Ausbreitung von Gravitationswellen
- den Überdruck in der Gehirnflüssigkeit
- die deliriumsähnlichen Zustände beim Sporttauchen
- die Fortbewegung von Einzellern aufgrund des Rückstossprinzipes
- die gesteigerte Zuckerproduktion im menschlichen Körper"

Fragen zum Lernerfolg

Frage 2 Abseits:

Welche der folgenden Aussagen sind richtig?

- Ein Spieler im Abseits steht näher beim gegnerischen Tor als der gegnerische Torwart.
- Von den gezeigten Spielszenen haben drei Szenen eine Abseits-Situation dargestellt.
- Von den gezeigten Spielszenen haben zwei Szenen eine Abseits-Situation dargestellt.
- Der letzte Abwehrspieler ist normalerweise der Torwart.
- Wenn eine Abseits-Situation vorliegt, muss der Linienrichter die gelbe Fahne erheben.
- Ein Abseits wird nur dann gepfiffen, wenn sich der angespielte Spieler in einer Abseitsposition befindet.

Frage 3 Abseits:

Kein Abseits liegt vor, wenn ein Spieler durch _____ angespielt wird oder wenn er in _____ angespielt wird.

Frage 2 Herz:

Welche der folgenden Aussagen sind richtig?

- Die Erregung der Vorhöfe ist stärker als jene der Herzkammern.
- Die Erregung der Herzkammern ist stärker als jene der Vorhöfe.
- Für das Zusammenziehen des Herzmuskels ist der Blut-Strom verantwortlich.
- Mit dem EKG werden die Herzströme aufgezeichnet.
- Wenn das Blut aus dem Herzen gepresst wird, sind die Taschenklappen offen.
- Wenn das Blut aus den Vorhöfen in die Herzkammern gepresst wird, sind die Segelklappen zu.

Frage 3 Herz:

Die Herzaktionen werden in zwei Phasen unterteilt: während der _____ pressen die Vorhöfe das Blut in die Herzkammern. Während der _____ wird das Blut von den Herzkammern ausgetrieben.

Frage 2 Malaria:

Welche der folgenden Aussagen sind richtig?

- Gametozyten kommen in weiblicher und männlicher Form vor.
- Gametozyten sind geschlechtsneutral.
- Gametozyten kommen nur in der Mücke vor.
- Gametozyten differenzieren sich zu Blutkörperchen.
- Gametozyten kommen im Menschen und in der Mücke vor.
- Gametozyten vereinigen sich zu Sporozoiten

Frage 3 Malaria:

Nach dem Stich der Mücke gelangt der Erreger zuerst in die Blutbahn und dann in die Leber. In den Leberzellen differenzieren sich die _____ zu den _____ .

Frage 2 Eiweiss:

Welche der folgenden Aussagen sind richtig?

- Die Art des Eiweisses hängt von der Reihenfolge seiner Bestandteile ab.
- Das Eiweiss wandert durch die Membran.
- Die grünen Teile der Membran sind beweglich.
- Die braunen Teile der Membran sind beweglich.
- Eine gespannte Feder wird in das Ribosom gedrückt.
- Die Aminosäuren wandern durch die Membran.

Frage 3 Eiweiss:

Die Aminosäuren sitzen auf der/dem/den _____. Zusammen bewegen sie sich in Richtung des Kanals der/des _____, wobei die Aminosäuren abgestreift werden.

Frage 2 Sonnenfinsternis:

Welche der folgenden Aussagen sind richtig ?

Wenn die Mondumlauf-Ebene und die Ebene, auf der die Erde um die Sonne kreist, in derselben Ebene liegen würden, dann

- gäbe es gar keine Sonnenfinsternisse.
- hätte dies keinen Einfluss auf das Geschehen von Sonnenfinsternissen.
- gäbe es jeden Monat genau eine Sonnenfinsternis.

- gäbe es unendlich viele Mondknoten, die alle auf der Mondumlauf-Bahn liegen würden.
- würden Sonnen- und Mondfinsternis zusammenfallen.
- hätte dies keinen Einfluss auf die Umlaufzeit der Erde um die Sonne.

Frage 3 Sonnenfinsternis:

Die Ebene, auf der die Erde um die Sonne kreist, heisst _____ . Der Schnittpunkt zwischen dieser Ebene und _____ ist der Mondknoten.

Ausgewählte Screenshots

The screenshot shows a web form with a vertical label 'person' on the left. The form contains the following fields and options:

- ID - Nummer:** ebl10
- Versuchsnummer:** 10
- Alter:** 21
- Geschlecht (m/w):** w
- welche Schulen haben Sie abgeschlossen?**
 - Primarschule
 - Sekundarschule
 - Berufsschule
 - Mittelschule (Matura, BMS, GMS, ...)
 - Hochschule (Uni, ETH, HTL, HWV, ...)
- In welchen Fächern hatten Sie im letzten Zeugnis die beste und die schlechteste Note ?**
 - Beste Note in:** Physik
 - Schlechteste Note in:** französisch
- Welches ist Ihre bevorzugte Freizeitbeschäftigung ?** Reitsport
- Wieviel Zeit verbringen Sie wöchentlich am Computer ?**

total	im Internet
<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> weniger als 1 Stunde	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 1 bis 5 Stunden	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> 5 bis 10 Stunden	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> mehr als 10 Stunden	<input type="checkbox"/>

A 'weiter' button is located at the bottom right of the form.

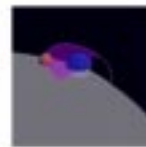
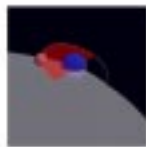
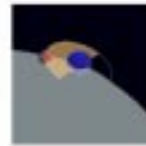
Welche der zur Auswahl stehenden Antworten ist richtig?

Bitte nicht raten. Kreuzen Sie eine Antwort nur an, wenn Sie sich sicher sind.

Die Korona ist

- weiss nicht
- das elektromagnetische Feld um den menschlichen Körper
- die Bezeichnung für den 25-Punkte-Vorsprung im Basketball
- die ringförmige Anordnung von Pilzen im Wald
- die heisse Zone, welche die Sonne umgibt
- der Sitz der Königin im Ameisenstaat

weiter

Welche Farbe haben die beiden Ebenen in der Präsentation ?

weiter

Präferenz

Wie haben Ihnen die einzelnen Präsentationen gefallen ?

	Ich fand sie				
	neutral	un- brauch- bar	genügend	gut	sehr gut
1 Zyklus des Nährstoffregens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2 Eiweiß-Synthese	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3 Somaenfunktions	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4 Herzaktionen und EKG	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5 Abseitsregel im Fußball	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[weiter](#)

Präferenz

Wie haben Ihnen die verschiedenen Präsentationsformen behagt ?

	Ich fand sie				
	neutral	un- brauch- bar	genügend	gut	sehr gut
1 nur Bewegtbild	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2 Bewegtbild mit Kontrollballen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3 Bewegtbild mit Ton	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4 stehendes Bild mit Ton	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5 stehendes Bild mit Text	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[weiter](#)

Zuordnung Logfiles

Position	Beschreibung	möglicher Eintrag	Bedeutung
1	ID-Nummer	sro1	Dateiname des Logfiles
2	Versuchs-Nummer	1 bis n	n-ter Versuch
3	Alter	in Jahren	
4	Geschlecht	m oder w	
5	Schulbildung	1 bis 5	1=Primar, 2=Sekundar, 3=Berufs, 4=Mittel, 5=Hoch
6	Beste Zeugnis-Note im Fach	Text	
7	Schlechteste Zeugnis-Note im Fach	Text	
8	Hobby	Text	
9	Zeit am Computer total	0 bis 4	0=gar nicht, 1=<1 Stunde pro Woche, 2=1 bis 5, 3=5 bis 10, 4=>10
10	Zeit im Internet	0 bis 4	0=gar nicht, 1=<1 Stunde pro Woche, 2=1 bis 5, 3=5 bis 10, 4=>10
11	Frage Abseits einfach (in welcher Sportart gibt es Abseits?)	0 bis 2	0=weiss nicht, 1=falsch, 2=richtig
12	Frage Abseits schwer (Weltmeister 1994?)	0 bis 2	0=weiss nicht, 1=falsch, 2=richtig
13	Frage Herz einfach (Was heisst EKG?)	0 bis 2	0=weiss nicht, 1=falsch, 2=richtig
14	Frage Herz schwer (Sinusknoten?)	0 bis 2	0=weiss nicht, 1=falsch, 2=richtig
15	Frage Malaria einfach (Infektionskrankheit?)	0 bis 2	0=weiss nicht, 1=falsch, 2=richtig
16	Frage Malaria schwer (Sporoziten?)	0 bis 2	0=weiss nicht, 1=falsch, 2=richtig
17	Frage Eiweiss einfach (Vorkommen im Körper?)	0 bis 2	0=weiss nicht, 1=falsch, 2=richtig
18	Frage Eiweiss schwer (Wo geschieht Synthese?)	0 bis 2	0=weiss nicht, 1=falsch, 2=richtig
19	Frage Sun einfach (Korona?)	0 bis 2	0=weiss nicht, 1=falsch, 2=richtig
20	Frage Sun schwer (Mondknoten?)	0 bis 2	0=weiss nicht, 1=falsch, 2=richtig
21	Frage Nonsens (Plasmotonie?)	1 oder 2	1=falsch, 2=richtig (weiss nicht)
22	n-te Präsentation	1 bis 5	
23	Thema	Text	abseits, mal, masch, sun, herz
24	Präferenz Thema	0 oder 2 bis 5	0=neutral, 2=unbrauchbar, 3=genügend, 4=gut, 5=sehr gut
25	Version	Text	A, AK, AV, BV, TB
26	Präferenz Version	0 oder 2 bis 5	0=neutral, 2=unbrauchbar, 3=genügend, 4=gut, 5=sehr gut
27	Präsentationsdauer	Anzahl Sekunden	

Position	Beschreibung	möglicher Eintrag	Bedeutung
28	Zeit zur Beantwortung der Fragen	Anzahl Sekunden	
29	Wahrnehmung	0 bis 2	0=weiss nicht, 1=falsch, 2=richtig
30	passives Wissen, Anzahl richtige (Welche Aussagen sind richtig?)	0 bis 3	0=keine falsch, 1=eine, 2=zwei, 3=drei
31	passives Wissen, Anzahl falsche (Welche Aussagen sind richtig?)	0 bis 3	0=keine richtig, 1=eine, 2=zwei, 3=drei
32	aktives Wissen 1 (Wort erinnern)	Text oder 0 bis 3	0=weiss nicht (leer), 1=falsch, 2=halbrichtig, 3=richtig oder Text
33	aktives Wissen 2 (Wort erinnern)	Text oder 0 bis 3	0=weiss nicht (leer), 1=falsch, 2=halbrichtig, 3=richtig oder Text

Skript "control-random"

```

global gversList, gthemList, zList, gendList, ggrupList
on exitFrame
  repeat with o=1 to 20
    ggrupList=["1", "2", "3", "4", "5"]
    gthemList=["Versionen Malaria/mal", "Versionen Abseits/abseits", "Versionen
              Sun/sun", "Versionen Maschine/masch", "Versionen Herz/herz"]
    gversList=["A", "AK", "AV", "TB", "BV"]
    set gendList=herstellList(gthemList, gversList)
    repeat while count(gendList)>=5
      persList=[]
      gthemList=["Versionen Malaria/mal", "Versionen Abseits/abseits", "Versionen
                Sun/sun", "Versionen Maschine/masch", "Versionen Herz/herz"]
      gversList=["A", "AK", "AV", "TB", "BV"]
      --Zufallsliste generieren
      repeat with k=1 to 5
        set nummer=random(count(gthemList))
        set thema=gthemList[nummer]
        set vers=gversList[random(count(gversList))]
        add persList, thema & vers
        deleteOne gthemList, thema
        deleteOne gversList, vers
      end repeat
      tempList=[]
      repeat with l=1 to 5
        repeat with m=1 to count(gendList)
          repeat while persList[l]=gendList[m]
            add tempList, persList[l]
            if count(tempList)=5 then
              put persList
              repeat with p=1 to 5
                add zList, persList[p]
              end repeat
              repeat with n=1 to 5
                deleteOne gendList, persList[n]
              end repeat
              exit repeat
            else
              exit repeat
            end if
          end repeat
          if count(tempList)=5 then
            exit repeat
          end if
        end repeat
      end repeat
      end repeat
      end repeat
      end repeat
      end repeat
      end repeat
      -- Liste mit allen möglichen Kombinationen generieren

```

```

on herstellList Liste1, Liste2
  set resultatListe=[]
  repeat with i=1 to count(Liste1)
    repeat with j=1 to count(Liste2)
      add resultatListe, (Liste1[i]) & (Liste2[j])
    end repeat
  end repeat
  sort resultatListe
  return resultatListe
end on herstellList

```

Skript "Logfiles"

```

on PersonNeu
  set gDateiNamen = getAt(gpersDaten,1)&"_statDat+Antworten"
  set myFile = new(xtra "fileio")
  createFile(myFile, "D:/DatenZub/Experiment/Logfiles/Personen/" & gDateiNamen &
    ".txt")
  openFile(myFile, "D:/DatenZub/Experiment/Logfiles/Personen/" & gDateiNamen &
    ".txt", 0)
  writeString(myFile, "&gpsDaten)
  if status(myFile)<>0 then
    alert "ui ui ui..... habe Probleme mit dem Speichern!!"
  end if
  closeFile(myFile)
  set myFile=0
end PersonNeu

on PersonHinzu
  set myFile = new(xtra "fileio")
  openFile(myFile, "D:/DatenZub/Experiment/Logfiles/Personen/" & gDateiNamen &
    ".txt", 0)
  setPosition(myFile, getLength(myFile))
  writeString(myFile, "&gLog)
  if status(myFile)<>0 then
    alert "ui ui ui..... habe Probleme mit dem Speichern!!"
  end if
  closeFile(myFile)
  set myFile=0
end PersonHinzu

```


Einführungstext

Experiment zur Beurteilung des Lerneffektes mittels Multimedia

Vor Beginn der Präsentationen müssen Sie eine Eingabemaske ausfüllen. Nach dieser Maske folgen elf Fragen zu verschiedenen Wissensgebieten. Kreuzen Sie die zur Auswahl stehenden Antworten nur an, wenn Sie die Antwort wissen. Es gibt immer auch die Möglichkeit, „weiss nicht“ anzukreuzen.

Es folgen dann fünf Versionen von Lernaufgaben, die alle in einer anderen Weise präsentiert werden. Sie werden Aufgaben sehen, die ein stehendes Bild mit Text oder Stimme kombinieren, und Sie werden Aufgaben sehen, die durch einen Film alleine oder zusammen mit Stimme dargestellt sind. **Wenn Sie im Verlauf der Aufgaben auf einen Kontrollbalken treffen, müssen Sie auf den Startknopf drücken, um den Film abspielen zu lassen.**

Nach jeder der fünf Präsentation folgen drei Fragen zum soeben betrachteten Thema. Bei diesen Fragen können Sie auch Antworten ankreuzen, von denen Sie nur das Gefühl haben, sie seien richtig. Sie können die Antworten aber auch leer lassen, wenn Sie überhaupt keine Ahnung haben.

Am Ende der fünf Präsentationen werden Sie nach Ihrer Meinung gefragt. Zum Schluss noch dies: dieses Experiment ist kein „schulischer“ Test. Es ist also unwichtig, ob Sie „gut“ oder „schlecht“ abschneiden. Einzig und allein wichtig ist, dass Ihre Antworten Ihrem wahren Wissenstand entsprechen.

Bitte geben Sie jetzt Ihre ID-Nummer und Ihre Versuchsnummer ein.
Viel Vergnügen!