

Diplomarbeit

**Bewertung multimedialer Darstellungsformen
unter didaktischen Gesichtspunkten**

vorgelegt bei

Prof. Dr. Reinhard Keil-Slawik
Universität-GH Paderborn

Dr. Sissel Guttormsen Schär
Eidgenössische Technische Hochschule
Zürich

eingereicht von

Kaiser Johannes
Matr. Nr.: 3068417

Januar 1999

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Instruktionsdesign	3
2.1 Multimedia - eine wissenschaftliche Definition	4
2.2 Die Component-Display-Theorie	6
3. Didaktische Bewertung von Codierungen in CAL-Systemen	14
3.1 Einzelne Codierungen und deren Charakteristika	14
3.1.1 Text	14
3.1.1.1 Papiertext versus Bildschirmtext	15
3.1.1.2 Das Konzept der <i>investierten mentalen Anstrengung</i>	17
3.1.1.3 Die Kohärenz von Lerninhalten	18
3.1.1.4 Zusammenfassung	20
3.1.2 Sprache	20
3.1.2.1 Spracherkennen versus Sprachkontext	20
3.1.2.2 Akzeptanz der Sprache	21
3.1.2.3 Zusammenfassung	23
3.1.3 Standbild	24
3.1.3.1 Klarheit und Informativität von Standbildern	24
3.1.3.2 Die darstellende Funktion	26
3.1.3.3 Die interpretierende Funktion	27
3.1.3.4 Die organisierende Funktion	28
3.1.3.5 Die transformierende Funktion	29
3.1.3.6 Die perspektive-induzierende Funktion	30
3.1.3.7 Zusammenfassung	30
3.2 Klassifikation der Codierungen	31
3.2.1 Verbal versus Non-Verbal	33
3.2.2 Visuell versus Auditiv	34
3.2.3 Stabilität versus Flüchtigkeit	36

3.3 Studien zur multicodalen Repräsentation	37
3.3.1 Die Studie von Buck	38
3.3.1.1 Hypothese	38
3.3.1.2 Die Untersuchung	38
3.3.1.3 Ergebnisse	39
3.3.1.4 Bewertung der Ergebnisse	39
3.3.1.5 Zusammenfassung	41
3.3.2 Die Studie von Paechter	41
3.3.2.1 Hypothesen	41
3.3.2.2 Die Untersuchung	42
3.3.2.3 Ergebnisse	42
3.3.2.4 Bewertung der Ergebnisse	43
3.3.2.5 Zusammenfassung	43
4. Mentale Modelle und die Idee der Lernsteigerung	44
4.1 Multimedia-Pyramiden	45
4.2 Der Kortex und die Theorie der Hemisphären-Spezialisierung	46
4.2.1 Der Kortex und die Verarbeitung verbaler und bildhafter Informationen	47
4.2.2 Die Theorie der Hemisphären-Spezialisierung	48
4.2.3 Zusammenfassung	48
4.3 Die Dual-Code-Theorie von Paivio	49
4.4 Die multimodale Theorie von Engelkamp	52
5. Experiment zur Kombination von Text, Standbild und Sprache	56
5.1 Einleitung	56
5.2 Hypothesen	57
5.3 Methode	60
5.3.1 Design	60
5.3.2 Die Variablen	60
5.3.2.1 Unabhängige Variable	60
5.3.2.2 Abhängige Variable	61
5.3.2.3 Kontrollvariablen	61
5.3.3 Aufgaben	62

5.3.4 Das CAL-System	62
5.3.5 Prozedur	63
5.3.6 Versuchspersonen	64
5.4 Ergebnisse und Bewertung	64
5.4.1 Voranalyse	64
5.4.1.1 Reliabilität der Bewerter	64
5.4.1.2 Gruppeneffekte	64
5.4.1.3 Analyse des Vorwissens	65
5.4.1.4 Interaktion zwischen Themen und Codierungskombinationen	66
5.4.1.5 Effekte bezüglich Geschlecht	66
5.4.2 Lernleistung	67
5.4.2.1 Visuelle Lernleistung	67
5.4.2.2 Behaltensleistung	68
5.4.2.3 Verständnis	70
5.4.2.4 Präferenzen	72
5.5 Bewertung der Ergebnisse	74
5.5.1 Hypothesen	74
5.5.2 Verständnis versus Erinnern	76
5.5.3 Verständnis versus Präferenz	76
5.5.4 Schlußfolgerungen	78
5.6 Conclusions zum Experiment	79
6. Resumee und Ausblick	80
6.1 Resumee	80
6.2 Ausblick	81
Literaturverzeichnis	83
Danksagung	87

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1:	Grundschemata der CDT zur Erstellung einer Unterrichtseinheit.	13
Abbildung 2:	Die Interpretation von Kippbildern ist instabil.	25
Abbildung 3:	Standbild, das die darstellende Funktion erfüllt.	26
Abbildung 4:	Standbild, das die interpretierende Funktion erfüllt.	27
Abbildung 5:	Standbild, das die organisierende Funktion erfüllt.	28
Abbildung 6:	Standbild, das die transformierende Funktion erfüllt.	29
Abbildung 7:	Prozentsätze richtig erinnelter Informationen für die vier Versuchsbedingungen.	39
Abbildung 8:	Lern- und Behaltensleistungen nach einer Multimedia-Pyramide.	46
Abbildung 9:	Die Gehirnregionen, die mit einem J gekennzeichnet sind, signalisieren die erhöhte Blutzufuhr bei der verbalen Aufgabe, die mit einem R gekennzeichnet sind, signalisieren die erhöhte Blutzufuhr bei der visuellen Aufgabe.	47
Abbildung 10:	Schema der Dual-Code-Theorie von Paivio.	49
Abbildung 11:	Mögliche Kombinationen mit Lernsteigerungen.	51
Abbildung 12:	Schema der multimodalen Gedächtnistheorie.	53
Abbildung 13:	Mittlerer Rang für die Ergebnisse der visuellen Frage.	68
Abbildung 14:	Mittlerer Rang für die Ergebnisse der Behaltensfrage.	69
Abbildung 15:	Lernleistung bezüglich der Verständnisfrage in Prozent.	71
Abbildung 16:	Arithmetisches Mittel der Ergebnisse der Präferenzfrage.	73
Tabelle 1:	Performance-Content-Matrix.	9
Tabelle 2:	Primäre Darstellungsarten.	10
Tabelle 3:	Mögliche Design-Matrix.	12
Tabelle 4:	Verbale und non-verbale Codierungen.	33
Tabelle 5:	Visuelle und auditive Codierungen.	34
Tabelle 6:	Stabile und flüchtige Codierungen.	36
Tabelle 7:	Eigenschaften unterschiedlicher Codierungen.	37
Tabelle 8:	Prozentsätze der richtig erinnerten Information für die vier Versuchsbedingungen.	39
Tabelle 9:	Effektivität der einzelnen Bedingungen.	42

Tabelle 10:	Struktur der postulierten Teilsysteme.	52
Tabelle 11:	Signifikanzwerte bezüglich der Korrelation zwischen Schulnoten und Versuchsfragen.	66
Tabelle 12:	Signifikanzwerte zur Disparität der Themen und Codierungskombinationen.	66
Tabelle 13:	Arithmetisches Mittel der Lernleistungen der visuellen Frage.	67
Tabelle 14:	Signifikanzwerte zwischen Codierungskombinationen bezüglich den Lernleistungen der visuellen Frage.	68
Tabelle 15:	Arithmetisches Mittel der Lernleistungen der Behaltensfrage.	69
Tabelle 16:	Signifikanzwerte zwischen Codierungskombinationen bezüglich den Behaltensleistungen.	70
Tabelle 17:	Arithmetisches Mittel der Verständnisseleistungen.	70
Tabelle 18:	Signifikanzwerte zwischen Codierungskombinationen bezüglich den Verständnisseleistungen.	71
Tabelle 19:	Arithmetisches Mittel der Präferenzen.	72
Tabelle 20:	Signifikanzwerte zwischen Codierungskombinationen bezüglich den Präferenzen.	73
Tabelle 21:	Negative Zusammenhänge zwischen den subjektiven Präferenzen und der objektiven Verständnisseleistung der Probanden.	77
Tabelle 22:	Zusammenhang zwischen Höhe der Lernleistung und Codierungsklassifikation.	79

1. Einleitung

Wissen spielt in unserer Gesellschaft eine fundamentale Rolle. Wer ein umfangreiches Wissen als sein Eigen nennen kann, hat dadurch meist seine gesellschaftliche Stellung definiert. Die Aneignung von Wissen ist ein langjähriger und schwieriger Prozeß. Dazu kommt ein zentrales Problem unserer Wissens- und Informationsgesellschaft, daß in vielen Bereichen Wissen eine kurze Haltwertzeit, manchmal sogar von nur zwei bis drei Jahre besitzt.¹ Des weiteren gilt in der heutigen Wissens- und Informationsgesellschaft die Bereitschaft zum lebenslangen Lernen als Voraussetzung, um in derselben bestehen zu können. Es stellt sich die Frage, ob die bisherigen Lehrmethoden dazu ausreichend sind. Die klassische Methode des Lehrens stellt der Frontalunterricht in der Schule dar, der zum Teil aus den oben genannten Gründen in der Zukunft zur Wissensvermittlung nicht mehr den hohen Ansprüchen gerecht wird. Somit wird die Frage nach neuwertigen Lehrmethoden aufgeworfen, die den Wissenserwerb effektiver gestalten können. Dabei sollten diese Lehrmethoden ein Zusammenwirken von alten und neuen Möglichkeiten gewährleisten. Solche Lehrsysteme erheben deshalb keineswegs den Anspruch, als Alternative zum klassischen Unterricht, sondern ergänzend zu agieren und dabei eine elementare und zentrale Rolle zu spielen. So können derartige Lehr- und Lernsysteme den Lehrer als Führung und Kontrollmöglichkeit dienen. Schüler haben die Möglichkeit mit solchen Systemen ihre individuelle Lernleistung besser einbringen und effektiver lernen zu können. Der Aspekt der zeitlichen Unabhängigkeit und die Möglichkeit einer sofortigen Kontrolle sind wichtige Argumente für die ergänzende Wirkung solcher Systeme.

Diese neuwertigen Lehrsysteme können das Konzept von *Computer Aided Learning* (CAL) widerspiegeln, worunter verschiedene Arten von computerunterstützten Lehrmethoden verstanden werden und damit der Computer für den Lernenden als Lehrmedium dient.

Somit können wir von *Computer Aided Learning-Systemen* (CAL-Systemen) sprechen, deren Entwicklung technisches Wissen, aber auch Wissen in den Disziplinen *Kognitions-Psychologie*, *Didaktik*, *Mensch-Maschine-Interaktion* und *Softwareergonomie* benötigt. Also stellt sich die Entwicklung solcher Systeme als eine komplexe, interdisziplinäre Aufgabe dar.

1. Dies trifft heute vor allem in den informationstechnischen Bereichen zu.

Einleitend wird in Kapitel 2 die Bedeutung der Disziplin *Instruktionsdesign* erörtert und dabei ein fundiertes Instruktionsmodell vorgestellt. Es handelt sich um die Component-Display-Theorie, die gute Vorgaben für die Entwicklung von CAL-Systemen gibt, als Grundlage für die weiteren Kapitel zu sehen ist und die Komplexität der Entwicklung von CAL-Systemen verdeutlicht. Die Component-Display-Theorie unterscheidet zwischen primären und sekundären Darstellungsarten. Dabei wird diese Arbeit die Gestaltung der sekundären Darstellungsarten in CAL-Systemen diskutieren und die oben genannten Disziplinen, wie z.B. die Kognitions-Psychologie, die Didaktik, in die Betrachtung mit einbeziehen. Dabei wird die Frage nach einer geeigneten Repräsentation des zu vermittelnden Wissens im Mittelpunkt stehen. Aus diesem Grund werden in Kapitel 3 Darstellungsformen, wie z.B. Sprache, aus didaktischer Sicht bewertet. Dabei werden in Kapitel 3.1 die Charakteristika der Darstellungsformen Text, Sprache und Standbild im Mittelpunkt der Diskussion stehen. Somit kann deren individueller Wert bezüglich der Wissensvermittlung besser eingeschätzt werden und als mögliche Erklärungen für die in Kapitel 5 aufgestellten Hypothesen dienen. Kapitel 3.2 wird eine allgemeine Klassifikation von Darstellungsformen durchführen, wobei zwei Kategorien dieser Klassifikation auf die interne, mentale Repräsentation hinweisen und eine dritte Kategorie den temporalen Aspekt der Darstellungsformen in die Diskussion mit einbringt. Diese Klassifikation wird erste Ansätze für eine parallele Repräsentation der Darstellungsformen liefern. In Kapitel 3.3 werden zwei neuere Studien skizziert, die teilweise auf der in Kapitel 3.2 erörterten Klassifikation basieren und die den Einsatz von Text und Sprache bzw. Text, Sprache und Standbild in CAL-Systemen untersuchen. Diese beiden Studien lassen die Frage aufkommen, ob nicht eine differenziertere Betrachtung des zu vermittelnden Wissens zu signifikanten Unterschieden in den Lernleistungen führen kann. Deshalb wird in Kapitel 4 auf die interne Verarbeitung unseres Gehirns eingegangen und mentale Modelle vorgestellt, die eine bestimmte Kombination von Darstellungsformen postuliert, um so den Lerneffekt zu steigern. In Kapitel 5 wird dann durch ein Experiment versucht, die Richtigkeit dieser mentalen Modelle empirisch zu belegen. Da vermutet wird, daß die Wahl der Kombination von der Natur des zu vermittelnden Wissens abhängt (Levie & Dikie 1973) und um dem Argument einer *differenzierten Betrachtung* gerecht zu werden, wurde das zu vermittelnde Wissen in Anlehnung an die Component-Display-Theorie nach Lehrinhalten gegliedert, was als Grundlage des Versuchsaufbaus zu sehen ist.

2. Instruktionsdesign

Unter Instruktion wird die geplante Bereitstellung von Lernmöglichkeiten verstanden, womit bestimmte Lernleistungen erreicht werden sollen (Schott, Kemter & Seidl 1995, S. 179). Dabei wird davon ausgegangen, daß ein Lehrstoff grundsätzlich so aufbereitet werden kann, daß die Lehr- und Lernziele mit hoher Wahrscheinlichkeit erreicht werden können.

An dieser Stelle soll auf die Mehrdeutigkeit des Wortes *Instruktion* hingewiesen werden, welches aus dem Englischen stammt und dort neben der wörtlichen Übersetzung ins Deutsche auch der Bedeutung von Unterricht und Anleitung zukommt. Die Disziplin, die sich mit der Planung und der Konzeption von solchen Anleitungen beschäftigt, wird als *Instruktionsdesign* bezeichnet. Der Disziplin Instruktionsdesign kam in den letzten Jahren eine große Aufmerksamkeit der Forschung zu, woraus unterschiedliche Instruktionstheorien entstanden sind. Die Mannigfaltigkeit dieser Instruktionstheorien resultiert aus den unterschiedlichen Bereichen, in denen Instruktion möglich ist und die die Aufmerksamkeit der Forscher gewonnen haben. Dies ist der Grund, wodurch die unterschiedlichen Ansätze zu erklären sind.

Dabei wird Wissen *nicht* durch Instruktion vermittelt, sondern aktiv in die vorhandenen mentalen Modelle und Wirklichkeitskonstrukte integriert. Die Wissenschaft, die sich mit solchen mentalen Modellen und mit der internen Verarbeitung von Information beschäftigt, wird als *Kognitions-Psychologie* bezeichnet. Dort wird das Phänomen der Wissensvermittlung so formuliert, daß interne Wissenspräsentationen vorliegen, auf die der Verstand arbeiten muß, um Wissen zu erwerben (Anderson 1996, S.103). Somit sind Instruktionsdesign und Kognitions-Psychologie eng miteinander verbunden, was in dieser Arbeit noch deutlich wird.

Des weiteren wird eine US-amerikanische Instruktionstheorie vorgestellt, die den Rahmen und die Einbettung der vorliegenden Arbeit liefern soll. Es zeigt sich, daß diese Theorie sich durch einen hohen Grad an Praxisnähe auszeichnet und zur Vermittlung von theoretischem Wissen über bestimmte Sachverhalte oder zum Erlernen von Fertigkeiten sehr gut geeignet ist (Paechter 1996). Ein Lernprogramm, welches beispielsweise auf dieser Instruktionstheorie basiert, kommt die Aufgabe zu, für den Lernprozeß wertvolle Hilfestellungen für den Lernenden zu geben. Dies führt zur treffenden Bezeichnung eines *kognitiven Werkzeugs* (Issing 1995, S.198).

Es wird ersichtlich, daß die Konzeption nach vorliegenden Theorien des Instruktionsde-

sign und der Kognitions-Psychologie, und einer didaktischen Bewertung der einzelnen Repräsentationsformen von großer Bedeutung sind, um positive Lerneffekte mit Hilfe solcher kognitiven Werkzeuge erzielen zu können.

2.1 Multimedia - eine wissenschaftliche Definition

Die neuesten technischen Errungenschaften bezüglich möglicher Integration beliebiger Medien zu einem Ganzen werden gerne mit dem populären Begriff *Multimedia* deklariert. Diesbezüglich werden in der Literatur Text, Graphik, Pixelbilder, Video und Audio dem genannten Medien-Begriff zugeordnet (Hornung 1994, S.2). Diese Aufzählung ist für die Evaluation von multimedialen Lernangeboten völlig unzureichend. Beispielsweise werden mediale Botschaften von verschiedenen Kognitionspsychologen mit dem Begriff *Reizmodalität* kategorisiert, wobei sie verbale und non-verbale Reizmodalitäten unterscheiden. Soll nun eine Lernumgebung danach untersucht werden, in welchem Umfang das verbale bzw. das non-verbale System angesprochen wird, so würde nach obiger Darstellung eine Untersuchung der Medien Video bzw. Audio indifferent und eine wissenschaftliche Analyse nach Reizmodalitäten nicht möglich sein.

Um also eine wissenschaftliche Analyse durchführen zu können, muß der Begriff Multimedia differenzierter betrachtet werden. Eine Definition, die diesen Ansprüchen gerecht wird, findet sich in Weidenmann (Weidenmann 1995, S.1), der Multimedia als multimediale, multicodale und multimodale Angebote beschreibt.

Multimedial:

Objekte, technische Geräte oder Konfigurationen, mit denen sich Botschaften speichern und kommunizieren lassen, werden als Medien bezeichnet. Danach sind multimediale Angebote auf verschiedene Speicher- und Präsentationstechnologien verteilt, werden jedoch integriert präsentiert. Die integrierte Präsentation fehlt jedoch beim traditionellen Medienverbund, so daß hier eine Abgrenzung möglich wird.

Multicodal:

Unter Codierung wird „... die Kennzeichnung, Verkürzung oder Umwandlung häufig wiederkehrender Informationen“ (Colin 1992) verstanden. Somit können beispielsweise Text, Graphik und Pixelbilder als Codierung bezeichnet werden und ein multicodales Angebot zeichnet sich dann durch die Kombination solcher Codierungen aus.

Multimodal:

Wir besitzen beispielsweise auditive bzw. visuelle Sinnesorgane mit denen wir mit unserer Umwelt kommunizieren und somit auch ein mediales Angebot wahrnehmen können. Damit kann ein mediales Angebot, welches unterschiedliche Sinnesmodalitäten bei den Nutzern anspricht, als multimodal bezeichnet werden.

Mit dieser fundierten Differenzierung des Begriffs *Multimedia* ist es uns möglich, unmißverständliche Aussagen zu tätigen. Dabei wird sich diese Arbeit mit verschiedenen Codierungen beschäftigen und somit steht der Begriff *Multicodierung* im Mittelpunkt dieser Arbeit. Da der Begriff *Multimedia* sich durchgesetzt hat und konsequenterweise in den meisten wissenschaftlichen Arbeiten Verwendung findet, wird er zeitweise als Synonym für *Multicodierung* stehen. Dieses Zugeständnis wird sich lediglich auf dieses Substantiv beziehen, da die oben erwähnte Definition sich in der vorliegenden Arbeit bewähren wird. Damit kommen wir zu dem Begriff der *multimedialen Darstellungsformen*, der mit obiger Definition nicht in Einklang zu bringen ist. *Multimediale Darstellungsformen* sind gleichbedeutend mit den verschiedenen Codierungsarten, die in CAL-Systemen parallel - also multicodal - integriert werden können. Da jedoch der Begriff *multimedial* bereits eine andere Belegung erfuhr, soll im folgenden auf diesen Begriff verzichtet werden und statt von *multimedialen Darstellungsformen* von *multicodalen Darstellungen*, *multicodalen Repräsentationen* oder *multicodalen Angeboten* gesprochen werden.

Im nächsten Kapitel wird ein Instruktionsmodell vorgestellt, worauf große Teile dieser Arbeit basieren. Es handelt sich um die Component-Display-Theorie (Merrill 1983). Jedoch reicht die Component-Display-Theorie nicht aus, um eine vollständige Unterrichtsplanung durchzuführen. Deshalb geht der Component-Display-Theorie die Elaborationstheorie (Reigeluth & Stein 1983; Reigeluth 1987) voraus. Die Elaborationstheorie beschreibt auf einer Makroebene die Unterrichtsplanung. Sie gibt jedoch nur grobe Vorschläge und stellt ein Gesamtkonzept her, wonach der Unterricht gestaltet werden soll. Für die weitere Ausarbeitung einzelner Unterrichtseinheiten wird auf die Component-Display-Theorie von Merrill verwiesen. Aus diesem Grund wird an dieser Stelle die Elaborationstheorie vernachlässigt und die Component-Display-Theorie (CDT) vorgestellt.

2.2 Die Component-Display-Theorie

Bei der Erstellung eines CAL-Systems mit der dazu notwendigen kognitionspsychologischen Fundierung, kommt dem Entwickler die Aufgabe zu, aus vielen unterschiedlichen Instruktionsmodellen auswählen zu müssen. Diese unterscheiden sich oft in erheblichem Maß, was einerseits daran zu sehen ist, daß die verschiedenen Theorien unterschiedlich präzise Vorgaben zur Erstellung von Unterrichtseinheiten geben und andererseits, die verschiedenen Theorien sich stark im Grad der zugrundeliegenden Empirie unterscheiden. In der pädagogischen Praxis wird ein bestimmtes Instruktionsmodell in erster Linie nach seiner theoretischen Fundierung, aber auch nach externen, *pragmatischen* Vorgaben und Erfordernissen ausgewählt (Paechter 1996, S.36). Diesem Anspruch wird die Elaborationstheorie und die Component-Display-Theorie gerecht. Wie bereits erwähnt, wird auf die Elaborationstheorie hier nicht weiter eingegangen.

Die Component-Display-Theorie von Merrill zeichnet sie sich durch Umfang und Kohärenz aus, wie es von keinem anderen Instruktionsmodell erreicht wird. Die CDT ist ein umfassendes und für Entwickler leicht zu benutzendes Modell, was auf der Unterscheidung von Lehrinhalten in Fakten, Prinzipien, Konzepten und Prozeduren basiert. Soll durch die CDT komplexe Unterrichtseinheiten umgesetzt werden, so werden diese weiter in kleinere Unterrichtseinheiten gegliedert. Dabei wird der Komplexitätsgrad dieser Unterrichtseinheiten, je nach Zielgruppe, von dem CAL-Designer bestimmt.

Darüberhinaus klassifiziert Merrill primäre und sekundäre Darstellungsarten, denen aus kognitionspsychologischer Sicht große Bedeutung zukommt und in diesem Kapitel noch erläutert werden.

Aus diesen Gründen wird die CDT in dieser Arbeit als ein Instruktionsmodell vorgestellt, welches für das Entwickeln von CAL-Systemen sich als besonders geeignet herausstellen wird und einen theoretisch fundierten Rahmen zur Erstellung einzelner Unterrichtseinheiten liefert.

Die CDT teilt die Erstellung einzelner Unterrichtseinheiten in zwei Schritte auf:

- Klassifikation von Lehrinhalten und Lernleistung
- Ausarbeitung einzelner Unterrichtseinheiten:

Die Klassifikation von Lehrinhalten

Die CDT unterscheidet vier verschiedene Lehrinhalte, nämlich Konzepte, Prinzipien, Prozeduren und Fakten, die nachfolgend erklärt werden:

Konzepte

Objekt-, Ereignis- oder Symbolgruppen werden als Konzepte bezeichnet, wenn diese innerhalb einer Gruppe die gleichen Eigenschaften besitzen oder der gleichen Kategorie angehören. Dabei können Konzepte unterschiedlich komplex sein. Ein Beispiel für ein Konzept ist z.B. das Wort *Telephon*. So gehört das Handy, das Tischtelefon, das Münztelefon zu der gleichen Kategorie und besitzen darüber hinaus zum größten Teil die selben Eigenschaften.

Prinzipien

Ursache-Effekt-Beziehungen oder Korrelationen zwischen zwei oder mehreren Konzepten werden als Prinzip bezeichnet. Als Synonyme für Prinzip werden die Begriffe *Regel* und *Gesetzmäßigkeit* herangezogen (Reigeluth & Stein 1983, S.335-381). Durch ein Prinzip kann vorhergesagt werden, wie mehrere Konzepte zusammenwirken oder es können bestimmte Geschehnisse erklärt werden. Dabei gilt, daß durch die Veränderung eines Konzeptes es zu einer Veränderung eines anderen Konzeptes kommen kann, wie dies beispielsweise beim Prinzip des Treibhauseffektes durch die Korrelationen von Konzepten, wie Sonnenstrahlen, Treibhausgase, Erwärmung etc. geschieht. Auch Prinzipien können unterschiedlich komplex sein und dies hängt von drei Faktoren ab: 1. der Anzahl der enthaltenen Konzepten, 2. der Anzahl der Konzeptbeziehungen und 3. des Komplexitätsgrads der einzelnen Konzepte.

Prozeduren

Die Abfolge von Handlungsschritten, über die ein bestimmtes Ziel erreicht werden kann, wird als Prozedur bezeichnet. Dabei kann es während einer Sequenz der einzelnen Handlungsschritte zu Verzweigungen kommen, die aus dem Handlungsablauf und den Umgebungsbedingungen resultieren. Eine Prozedur wird daher zusätzlich Entscheidungsalternativen berücksichtigen. Damit kann eine Steigerung des Komplexitätsgrads aus der Anzahl der Handlungsschritte und aus der Anzahl der möglichen Ent-

scheidungsalternativen folgen. In Anlehnung an das obige Beispiel *Telefon* soll hier als einfaches Beispiel einer Prozedur das *Telefonieren* genannt werden. Dabei sind *Hörer abheben*, *Warten auf Freizeichen*, *Nummer wählen*, etc. einzelne Handlungsschritte. Entscheidungsalternativen kommen dann zu tragen, wenn z.B. das Besetztzeichen ertönt.

Fakten

Ein Faktum ist die Bezeichnung eines bestimmten Objektes, eines Ergebnisses oder eines Symbols. Fakten geben keine allgemeinen Aspekte wieder, sondern bezeichnen lediglich ein Beispiel eines Konzepts, einer Prozedur oder eines Prinzips. Beispielsweise ist der Satz *Berlin ist die neue Hauptstadt Deutschlands* ein Faktum, da dadurch lediglich die Bezeichnung eines bestimmten Objektes, hier also Berlin, wiedergegeben wird.

Die Klassifikation von Lernleistungen

Neben einer Klassifikation nach Lehrinhalten nimmt die CDT zusätzlich eine Klassifikation nach Lernleistungen vor, wodurch bestimmte Lehrinhalte nach unterschiedlichen Lernleistungen differenziert werden. Dabei kann das Wissen über bestimmte Lehrinhalte unterschiedlich gelernt werden, was durch die Klassen von Lernleistungen ausgedrückt werden soll. Merrill unterscheidet in seinen Ausführungen drei Klassen von Lernleistungen (Merrill 1983, S.284-334):

1. **Erinnern:** Bestimmte Sachverhalte sollen wiedererkannt bzw. frei reproduziert werden.
2. **Anwenden:** Ein Sachverhalt soll angewandt werden. Im Gegensatz zu Erinnern ist bei *Anwenden* eine höhere *mentale Anstrengung*² nötig, denn hier wird die Abstraktionsfähigkeit des Probanden gefordert.
3. **Erschließen neuer Sachverhalte:** eigenständiges Erschließen von neuen, bislang unbekanntem Sachverhalten. Im Gegensatz zu Erinnern und Anwenden wird hier eine noch höhere *mentale Anstrengung* abverlangt, da das Erschließen neuer Sachverhalte aus der Umstrukturierung vorhandenen Wissens resultiert.

Somit besitzt die Aufzählung *Erinnern*, *Anwenden* und *Erschließen neuer Sachverhalte* inhärent eine Steigerung der mentalen Anstrengung. In Kap. 3.1.1.2 wird auf den Aspekt der mentalen Anstrengung und deren Wirkung auf den Wissenserwerb noch genauer eingegangen.

2. Vgl. Kapitel 3.1.1.2.

Damit können wir die bereits oben definierten vier Lehrinhalte jeweils in drei Klassen unterteilen, wodurch sich die sogenannte *Performance-Content-Matrix*³ ergibt.

Tabelle 1: Performance-Content-Matrix.

	Lehrinhalte			
	Fakten	Konzepte	Prinzipien	Prozeduren
Erinnern	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 5	Kategorie 8
Anwenden		Kategorie 3	Kategorie 6	Kategorie 9
Erschließen		Kategorie 4	Kategorie 7	Kategorie 10

Dabei können Fakten weder angewandt noch erschlossen werden. Nimmt man z.B. als Faktum den Volksentscheid der Schweiz von 1992, in welchem sich die schweizer Bürger gegen den Eintritt in den EWR⁴ ausgesprochen haben, so wird durch dieses (unumstößliches) Faktum deutlich, daß die Klassen *Anwenden* und *Erschließen neuer Sachverhalte* hier nicht anwendbar sind.

Mit der Performance-Content-Matrix kann für bestimmte Lehrinhalte und erwünschten Lernleistungen Kategorien klassifiziert werden. Diese Kategorisierung ist dem Designer von CAL-Systemen dienlich, da er mit ihr klare Vorgaben für ein bestimmtes Ziel erhält. Kategorie 6 steht beispielsweise für das Anwenden von Prozeduren und somit muß versucht werden, daß durch das CAL-System der Proband diese Fertigkeit bestmöglich erlernen kann. Ein weiterer Vorteil der Performance-Content-Matrix besteht darin, daß das zu vermittelnde Wissen durch sie in einzelne Kategorien gegliedert werden kann, die in der weiteren Gestaltung separat behandelt werden können.

Die CDT und die vorgelagerte Elaborationstheorie gehen nach dem Top-down-Prinzip vor, weshalb im folgenden die verschiedenen Kategorien der Performance-Content-Matrix, die als Grundlage einer Unterrichtseinheit anzusehen sind, weiter ausgearbeitet werden. Dabei wird nicht jede Kategorie für sich betrachtet, sondern ein globales Modell vorgestellt, welches auf allen Kategorien gleichsam anwendbar ist. Das Ziel wird sein, eine angemessene Gedächtnispräsentation zu unterstützen, die eben auf die Performance-Content-Matrix abgestimmt ist (Paechter 1996, S.49).

3. Vgl. Tabelle 1.

4. Europäischen Wirtschaftsraum.

Ausarbeitung einzelner Unterrichtseinheiten

Des weiteren klassifiziert Merrill in seiner CDT verschiedene didaktische Komponenten, wodurch die Lehrinhalte auf unterschiedliche Art und Weise erklärt werden. Dabei werden die didaktischen Komponenten in primäre und sekundäre Darstellungsarten aufgeteilt. Im Kontext dieser Arbeit sind eher die sekundären Darstellungsarten von Bedeutung, jedoch aus Grund der Vollständigkeit wird kurz auf den Grundgedanken der primären Darstellungsarten eingegangen.

Primäre Darstellungsarten

Die Strukturierung einer Unterrichtseinheit wird durch die primären Darstellungsarten gewährleistet. Dabei werden insgesamt vier Möglichkeiten unterschieden:

1. Sachverhalte können allgemein dargelegt bzw. erklärt werden.
2. Sachverhalte können an einem konkreten Beispiel verdeutlicht werden.
3. Es können Aufgaben zur allgemeinen Darlegung von Sachverhalten gestellt werden.
4. Es können Aufgaben zu konkreten Beispielen gestellt werden.

Damit haben wir vier primäre Darstellungsarten klassifiziert, die gleichfalls als Matrix⁵ mit den Dimensionen Erklären/Erfragen und Allgemein/Konkret dargestellt werden kann.

Tabelle 2: Primäre Darstellungsarten.

	Erklären	Erfragen
Allgemein	1. Sachverhalte allgemein darlegen bzw. erklären.	3. Aufgaben zur allgemeinen Darlegung.
Konkret	2. Sachverhalte an einem konkreten Beispiel verdeutlichen.	4. Aufgaben zu konkreten Beispielen

So kann eine Unterrichtseinheit zuerst allgemein erklärt und anschließend z.B. durch ein Beispiel konkretisiert werden. Daraufhin werden zu der allgemeinen und konkreten Erklärung Fragen gestellt, die den Lernenden überprüfen sollen. Man sieht leicht, wie praktikabel diese Kategorisierung für das Entwickeln eines CAL-Systems ist. Der interessierte Leser sei jedoch auf die umfangreicheren Ausführungen der primären Darstellungsarten von Merrill (Merrill 1983, S.305-307) verwiesen.

5. Vgl. Tabelle 2.

Also stellen die primären Darstellungsarten sozusagen das Grundgerüst jeder Unterrichtseinheit dar. Hat man dieses Gerüst konstruiert, so stellt sich die Frage nach einer weiteren Strukturierung und Ausgestaltung. Somit kommen wir zu den sekundären Darstellungsarten.

Sekundäre Darstellungsarten

Die primären Darstellungsarten sind in erster Linie für die generelle Erläuterung des Lehrstoffes verantwortlich, wohingegen die sekundären Darstellungsarten in erster Linie mitunter für die Repräsentation des Lehrinhaltes zuständig sind. Mit anderen Worten kann gesagt werden, daß „... die sekundären bereichern die primären Darstellungsarten und erleichtern das Verstehen und Behalten der Lehrinhalte“ (Paechter 1996, S.53), was durch eine empirische Untersuchung Merrills belegt wurde (Merrill 1988, S.61-95).

Eine überaus wichtige sekundäre Darstellungsart⁶ ist die Verwendung unterschiedlicher Codierungen, die gerade durch die heutigen technischen Möglichkeiten an Aufmerksamkeit gewinnen. Merrill hat diesem Phänomen wenig Beachtung geschenkt. Das kann daran gelegen haben, daß in den 80er Jahren die technischen Möglichkeiten verschiedene Codierungen in einem CAL-System zu integrieren, nicht in dem Umfang möglich war, wie es heute der Fall ist. Deshalb basieren Merrills Untersuchungen eher auf einer generellen Verwendung von sekundären Darstellungsarten, als deren spezifischen Attribute herauszugreifen und zu erforschen.

Durch das Herausfinden geeigneter Zuordnungen von verschiedenen Codierungen zu Lehrinhalt und primären Darstellungsarten, kann Designern von CAL-Systemen eindeutige Vorgehensweisen bei der Gestaltung bezüglich der Verwendung von Codierungen gegeben werden. Auch Levie und Dikkie (Levie & Dikkie 1973) verweisen in ihrer Arbeit auf eine solche Möglichkeit, die Wahl der Codierung von der Natur des zu vermittelnden Wissens abhängig zu machen.

Durch einen solchen Ansatz könnte die CDT durch eine weitere Matrix, eine sogenannten *Design-Matrix*⁷, mit den Dimensionen *Lehrinhalte* und *primäre Darstellungsarten* erweitert werden. Diese würde nach Festlegung des Lehrinhalts und der primären Darstellungsform konkrete Gestaltungsvorschriften bezüglich einer multicodalen Repräsentation geben, die eine Steigerung der Lernleistung implizieren würde. Ein CAL-System, basie-

6. Insgesamt definiert Merrill sieben sekundäre Darstellungsarten.

7. Vgl. Tabelle 3.

rend auf einer solchen Design-Matrix, würde damit aus didaktischer und kognitionspsychologischer Sicht von großem Wert sein. Die ersten beiden Spalten der vorgestellten Design-Matrix zielen konkret auf die Wissensvermittlung ab, wohingegen die beiden letzten Spalten als Kontrolle für den Lernenden dienen.

Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß Fakten weder erklärt noch erfragt werden können und demnach in Tabelle 3 die entsprechenden Zellen keiner Zuordnung unterliegen. Zwei beispielhafte Belegungen wurde in Tabelle 3 einmal durch den Lehrinhalt *Prozedur* und der primären Darstellungsart *Sachverhalte an einem konkreten Beispiel verdeutlichen* gewählt⁸. Eine zweite mögliche Belegung wurde anhand des Lehrinhalts *Konzept* und der primären Darstellungsart *Aufgaben zu allgemeinen Sachverhalten* dargestellt. Leider gibt es kaum empirischen Untersuchungen darüber, ob eine Belegung einer solchen Design-Matrix überhaupt möglich ist.

Tabelle 3: Mögliche Design-Matrix.

	Primäre Darstellungsarten			
	Fakten	Konzepte	Prinzipien	Prozeduren
Sachverhalte allgemein darlegen	-	?	-	?
Sachverhalte an einem konkreten Beispiel verdeutlichen	?	?	Bewegtbild mit Sprache?	?
Aufgaben zu allgemeinen Sachverhalten	?	Text mit Standbild?	?	?
Aufgaben zu konkreten Beispielen	?	?	?	?

Konzentriert man sich auf die Begebenheit der Wissensvermittlung, so wird lediglich lernwirksame Codierungskombinationen für die allgemeine Darlegung und die konkrete Verdeutlichung von Sachverhalten gefordert. Jedoch wird zweifelslos der Erfolg der Wissenskontrolle vom Typ der Aufgaben, der in Abhängigkeit zu der Codierungskombination zu sehen ist, abhängen. Wird Wissen z.B. durch *Bewegtbild mit Sprache* repräsentiert,

8. Die Codierungen sind frei gewählt und dienen lediglich zur Illustration.

wird die erfolgreiche Beantwortung einer Aufgabe von deren verwendeten Codierungen abhängen. Stimmen die verwendeten Codierungen teilweise oder ganz überein, so könnte eine Gedächtnisleistung alleine durch *Wiedererkennen* zustande gekommen sein.

Die Erstellung einer Unterrichtseinheit nach der CDT

Die Abbildung 1 veranschaulicht das Grundscheema der bisher beschriebenen bzw. erwähnten Schritte, wonach die CDT eine Unterrichtseinheit erstellt. Die Abbildung 1 soll darüber hinaus nochmals den praktischen Nutzen der CDT bezüglich der Entwicklung eines CAL-Systems vergegenwärtigen. Des weiteren verdeutlicht Abbildung 1, daß die CDT konsequenterweise eindeutige Vorgaben bei der Gestaltung von CAL-Systemen gibt, diese Konsequenz jedoch einen Bruch bei der Ausarbeitung der sekundären Darstellungsarten durch das Fehlen von Zuordnungen der Lehrinhalte und primären Darstellungsarten zu verschiedenen Codierungen erleidet.

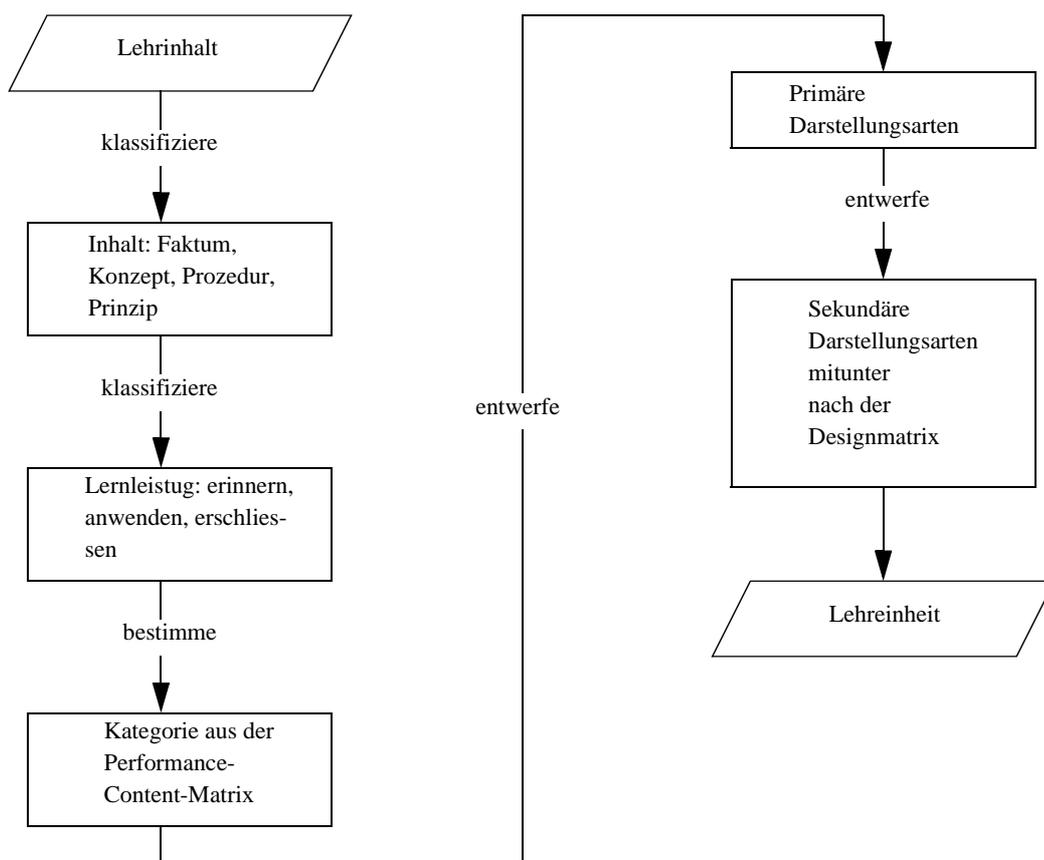


Abbildung 1: Grundscheema der CDT zur Erstellung einer Unterrichtseinheit.

Diese Arbeit ist nicht in der Lage, eine solche, kognitionspsychologisch fundierte Design-Matrix zu erstellen. Jedoch werden die in Kap. 3.3 vorgestellten Studien und der in Kap. 5 durchgeführte Versuch einerseits die Komplexität der erwähnten notwendigen Empirie verdeutlichen und andererseits Ergebnisse liefern, die uns möglicherweise erlauben, eine bestimmte Zelle der Design-Matrix unter Vorbehalt mit Inhalt zu füllen.

Nachdem nun der generelle Rahmen vorgestellt wurde, in welchem die Thematik dieser Arbeit eingebettet werden kann, werden im nächsten Kapitel spezielle Charakteristika betrachtet und eine geeignete Kategorisierung der verschiedenen Codierungen durchgeführt. Dabei werden die nachfolgenden Ausführungen maßgeblich auf den didaktischen Aspekt bzw. auf den kognitionspsychologischen Nutzen der jeweiligen Codierungen eingehen.

3. Didaktische Bewertung von Codierungen in CAL-Systemen

3.1 Einzelne Codierungen und deren Charakteristika

Eine Betrachtung der beiden Codierungen Bewegtbild und Sound wird in dieser Arbeit nicht stattfinden. Dies liegt nicht daran, daß diese beiden Codierungen nicht geeignet sind, um Wissen zu vermitteln, sondern gleichwertig zur Wissenvermittlung herangezogen werden können, wie die vorgestellten Codierungen Text, Sprache und Standbild. Eine gleichmäßige Bewertung aller fünf Codierungen würde jedoch den Rahmen der Arbeit sprengen.

Des weiteren bestand die Gefahr, daß die angestrebte Qualität durch eine weniger akzeptablere Quantität ersetzt worden wäre, was in jedem Fall eine Rechtfertigung erfordert hätte. Es werden in den darauffolgenden Kapiteln grundsätzlich alle fünf Codierungen Erwähnung finden, da Bewegtbilder und Sound ebenso enorme Möglichkeiten beinhalten, die zu verschweigen das Gesamtbild verfälschen würde.

3.1.1 Text

Die Entwicklung von Schrift und Sprache war ein über Jahrtausende dauernder Prozeß, so daß das Erwerben dieser Kulturleistung sich sowohl als großartig wie auch schwierig darstellt. Die Forschung hat sich erst in den letzten Jahrzehnten mit der Thematik des überaus komplizierten Prozesses des Textverstehens, aber auch mit kognitiven Modellen,

die die Verarbeitung von Text in unserem Gehirn modellieren, befaßt (Hasebrook 1995, S. 64).

Dieser Abschnitt wird sich nicht mit Textverstehensmodelle befassen, die einen wesentlichen Bestandteil in der Kognitionspsychologie darstellen, sondern spezielle Eigenschaften von Text veranschaulichen, die besondere Aufmerksamkeit bezüglich CAL verdienen.

3.1.1.1 Papiertext versus Bildschirmtext

In den Anfängen des Computers war Text lange Zeit die einzige Codierungsform zur Repräsentation von Information. Daraus ergab sich die Fragestellung, worin sich die neue Darstellungsform zur gedruckten Form für den Nutzer unterscheidet, weshalb im folgenden zu dieser Problematik zwei Punkte erörtert werden.

1. Die Autorität von Text

Während Goethe den Schüler des Faust noch die absolute Autorität des auf Papier geschriebenen mit den Worten „Denn, was du schwarz auf weiß besitzt, Kann man getrost nach Hause tragen“ bekräftigen läßt, scheinen heute die Möglichkeiten der Textdarstellung am Bildschirm dieser Autorität Konkurrenz zu machen.

In unserer Wissensgesellschaft ist das Vertrauen auf die gedruckte Form, aber auch deren Autorität größer, als es bei der elektronischen Form der Fall ist. Trotzdem werden Texte mit steigender Tendenz immer mehr auch am Bildschirm gelesen, weshalb die Frage noch zu beantworten ist, ob der Text am Bildschirm in Zukunft die gleiche Autorität bzw. das gleiche Vertrauen erfährt, wie es derzeit noch das Papier genießt. Das große Problem bei Textrepräsentationen am Bildschirm liegt in der fehlenden Beständigkeit. Denn nur was Bestand hat, verdient auch Vertrauen. Und Vertrauen ist eine grundlegende Voraussetzung für die Wissensvermittlung. Beispielsweise kann ein Lehrer, dem jegliches Vertrauen seiner Schüler bezüglich seiner Kompetenz zur Wissenvermittlung abhanden gekommen ist, seiner Lehrtätigkeit nicht mehr in dem Umfang gerecht werden, wie es nötig wäre.

Es ist sehr fraglich, ob die elektronische Form jemals zu der Autorität und zu dem Vertrauen gelangen werden, wie es der gedruckten Form möglich ist. Dabei scheinen weniger die technischen Möglichkeiten eine Rolle zu spielen, als die Akzeptanz der Nutzer. Dies

ist ein weitverbreitetes Argument gegen den Einsatz von CAL. Dennoch bieten sich in CAL Möglichkeiten, die eine neue Form des Lernens möglich machen und diese neue Form das Gewicht auf andere Aspekte des Lernens konzentriert. Also werden sich die Schwerpunkte wahrscheinlich verlagern, wobei Autorität und Vertrauen auch weiterhin in den Diskussionen nicht weggedacht werden kann und darf.

Im nächsten Punkt werden einige Studien skizziert, die am Ende der 80er und Anfang der 90er Jahre stattfanden und die den Unterschied von Textrepräsentation auf dem Papier mit der auf dem Bildschirm verglichen. Diese Studien werfen aus didaktischer Sicht interessante Fragestellungen auf und kamen zu erstaunlichen, sowie auch praxisrelevanten Ergebnissen.

2. Die Notwendigkeit Referenzpunkte setzen zu können

Wie bereits erwähnt, kann durch eine gute Strukturierung des Textes die Lernleistung gesteigert werden. Beispielsweise können Designer von CAL-Systemen Texte durch farbliche Markierungen besser strukturieren. Wright und Lickorisch (Wright & Lickorisch 1988, S.11-30) zeigten, daß eine solche Strukturierungshilfe für Papiertext, nicht aber für Bildschirmtext zutrifft. Eine Erklärung für dieses Ergebnis könnte sein, daß Bildschirmtext physikalisch gesehen sich immer am selben Ort befindet und deshalb es dem Lernenden „... rein optisch schwer fällt, sich den gesamten Text als Einheit vorzustellen und innerhalb des Textes Referenzpunkte zu setzen, während das bei Papiertext möglich ist“ (Buck 1993, S.40). Bei Bildschirmtext handelt es sich demnach also meist um Fließtext, wogegen Papiertext als statischer Text charakterisiert werden kann. Beim Fließtext besteht das Problem, daß es dem Nutzer nur schwer möglich ist, sich zu orientieren, da beispielsweise beim Scrollen sich eine bestimmte Definition nicht nur in der Mitte des Bildschirms, sondern einmal am oberen Rand, am unteren Rand oder in der Mitte des Bildschirms befinden kann.

Referenzpunkte setzen zu können, ist ein entscheidender Vorteil von Text und Sprache⁹, was durch die Referenzfunktion von Text bzw. Sprache erklärt wird und deshalb wesentlicher Bestandteil auch für Bildschirmtext sein muß. Dem kann begegnet werden, indem Bildschirmtext ebenfalls statisch wird und dies kann durch das sogenannte Windowing¹⁰

9. Siehe auch Kap. 3.2.1.

10. Bei Windowing wird genau eine Seite Papiertext auf dem Bildschirm abgebildet.

erreicht werden. Damit gewinnt das Referenzieren an Bedeutung und ein direkter Vergleich zwischen Bildschirm und Papier wird möglich.

Diese Auswirkung der beiden Repräsentationstechniken wurde in den Studien von Bury, Boyle, Evey und Neal (Burey, Boyle, Evey & Neal 1982, S.385-394) und später Morrison und Duncan (Morrison & Duncan 1988, S.889-904) untersucht. Sie zeigen, daß der Nutzer die Windowing-Technik bevorzugt und besser damit arbeiten kann, als mit der Scrolling-Technik. Dies führen sie darauf zurück, "... daß die Windowing-Technik dem gewohnten Vorgang beim Lesen von Papier entspricht" (Buck 1993, S.40). Dieses Ergebnis gibt dem Designer von CAL-Systemen die klare Vorgabe, kein Scrolling sondern die Windowing-Technik zu benutzen, womit ein auf CAL basiertes Programm an Wert gewinnen wird.

Die aufgezeigten Studien hatten das Ziel, generelle Unterschiede zwischen Bildschirmtext und Papiertext zu analysieren, um damit die *Usability* von Systemen zu erhöhen. Der didaktische Wert dieser Ergebnisse ist offensichtlich, weshalb sie auch in dieser Arbeit Erwähnung finden.

3.1.1.2 Das Konzept der *investierten mentalen Anstrengung*

In unserer Gesellschaft besitzt Lesen und Schreiben einen sehr hohen Stellenwert, weshalb diese beiden Kulturtechniken im Bildungssystem systematisch trainiert werden. Durch dieses Training können wir aus Texten Botschaften interpretieren und herstellen, was unter dem Begriff *Text-Literacy* zusammengefaßt wird (Pettersson 1993, S.215). Der Begriff *Literacy* bedeutet unsere Fähigkeit, die jeweilige Codierung effektiv zum Wissenserwerb benutzen zu können. Betrachten wir zum Vergleich Bilder, so wird im Normalfall die Herstellung und Interpretation von Bildbotschaften in unserer Kultur wenig Beachtung geschenkt, weshalb wir im Vergleich zu Text bei Bildern eine geringere *Literacy* besitzen.

Obwohl wir von Kind auf den Umgang mit Text erlernen und entsprechend eine hohe *Literacy* bezüglich Text besitzen, benötigen wir zum Arbeiten mit Text eine höhere Aufmerksamkeit als bei Codierungen wie Stand-, Bewegtbild und Sprache. Demnach bedeutet ein hoher Grad an *Literacy* keineswegs ein erleichterter Umgang der entsprechenden Codierung. Diese Erscheinung wurde von Salomon (Salomon 1984, S.647-658) belegt, der dazu ein theoretisches Modell entwickelt und empirisch überprüft hat.

Dieses Modell wird als das Konzept der *investierten mentalen Anstrengung* bezeichnet, welches die Lernintensivität der Lernleistung gegenüberstellt (Salomon 1984, S.647-658). Untersuchungen von Salomon haben ergeben, daß je intensiver der Lernende sich mit einer Codierung auseinandersetzt, also je höher die mentale Investition des Lernenden ist, seine Lernleistung um so höher ist. Text wurde in diesen Untersuchungen als schwierig eingestuft und demzufolge war die mentale Anstrengung der Probanden intensiver, woraus sich entsprechend höhere Lernleistungen ergaben. Weiterhin stellte Salomon fest, daß die als leicht empfundenen Codierungen weniger intensiv verarbeitet wurden und es somit zu keinen großen Lernerfolgen kam.

Kritik an der Arbeit von Salomon läßt sich daran üben, daß unterschiedliche Schwierigkeitsgrade der jeweiligen Codierungen außer acht gelassen werden. Somit werden nach seinen Ausführungen beispielsweise Bilder generell als leicht eingestuft, wobei auch Bilder unterschiedlich komplex bzw. schwierig sein können und sich dies zwangsläufig wiederum auf die mentale Anstrengung der Lernenden auswirken wird.

Jedoch ist „... das Konzept der ‚investierten mentalen Anstrengung‘ für das Lernen mit Instruktionsmedien von heuristischem Wert ...“ (Weidenmann 1993a, S.29), da dadurch der *Multimedia*-Designer angehalten wird, verschiedene Codierungen mit unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden einzusetzen, um die mentale Anstrengung der Lernenden zu erhöhen.

Am Ende dieses Abschnitts soll abschließend auf ein grundlegendes Charakteristikum von Text eingegangen werden, daß für den Nutzer eines multicodalen Angebots zwar im Hintergrund bleibt, aber wesentlichen Einfluß auf dessen Lernerfolg haben wird.

3.1.1.3 Die Kohärenz von Lerninhalten

„Neben der Codierung ist die Strukturierung das zweite essentielle Charakteristikum eines ...“ multicodalen „... Lernangebots“ (Weidenmann 1993a, S.22). Demnach weisen Lerninhalte eine erhebliche Strukturierung auf, was dem Probanden das Lernen erleichtert und demzufolge seine Lernleistung gesteigert werden kann.

Text eignet sich gut, um auf der Makroebene die Struktur zu determinieren, was in diesem Abschnitt noch deutlich wird. Ist dies geschehen, so kann im zweiten Schritt durch die Wahl der zu verwendenden Codierungen auf die Mikroebene vorgestoßen werden. Bei-

spielsweise können Grafiken zur Verbesserung von Kohärenz eingesetzt werden.

Die Kohärenz ist dabei für die Strukturierung ein wesentliches Merkmal. Sie bedeutet in unserem Sinne eine *nachvollziehbare Reihenfolge* und *Folgerichtigkeit* des Lerninhalts, was generell von den verschiedenen Codierungen realisiert werden kann (Ballstaedt 1991). Jedoch sind nicht alle Codierungen geeignet, um Kohärenz zu gewährleisten. Betrachtet man die bisherigen Forschungsaktivitäten, so scheint die Frage nach der richtigen Codierung gegen Text zu tendieren.

Der Grund für diese Meinung liegt einerseits darin, daß Kohärenz fast ausschließlich für Texte untersucht worden ist (Weidenmann 1993a, S.22), und wir deshalb über wissenschaftlich fundierte Ergebnisse verfügen, die praktisch anwendbar sind. Andererseits zeichnet sich im Vergleich zu den anderen Codierungsarten Text dadurch aus, daß sehr gut die Grundbedeutung eines Lehrinhalts vermittelt und auf allgemeine Kategorien verwiesen werden kann. Dies wird besonders dann deutlich, wenn man zum Vergleich Standbilder bzw. Bewegtbilder heranzieht, die sehr interpretationsbehaftet sind und deshalb die Vermittlung von Grundbedeutungen bzw. allgemeinen Kategorien wesentlich von der individuellen Erfahrung bzw. Vorwissen der Lernenden abhängen wird. Im Gegensatz dazu besitzt Text also die Eigenschaft, eine gute Strukturierung von zu vermittelnden Wissen relativ einfach realisieren zu können. Mit dieser Eigenschaft von Text kann eine gute Strukturierung eines Lehrinhalts relativ einfach realisiert werden.

Des weiteren besitzt Text eine ausgeprägte Referenzfunktion¹¹, wodurch spezielle Attribute besser herausgegriffen werden können, um gezielt darauf zu verweisen. So kann z.B. der Anspruch einer *nachvollziehbaren Reihenfolge* durch das Referenzieren leichter realisiert werden. Aber auch eine Führung des Lernenden durch den Lerninhalt kann durch die Referenzfunktion erfolgen. In den genannten Fällen kommt es zu einer Steigerung der Kohärenz.

Abschließend soll erwähnt werden, daß bei der Umsetzung der Mikroebene zwar Text als Repräsentationsform verschwinden kann, die Struktur des Lerninhalts jedoch durch den auf der Makroebene festgelegten Text erhalten bleibt. Dies führt zur Forderung, den Lerninhalt zwingend in Text umzusetzen und darauf aufbauend weitere Überlegungen zur Repräsentation durch andere Codierungen anzustellen.

11.Siehe auch Kapitel 3.1.1.

3.1.1.4 Zusammenfassung

Der Einfluß der Codierung Text auf den Wissenserwerb wurde in der Kognitions-Psychologie im Vergleich zu anderen Codierungen wohl am häufigsten untersucht, was an der Quantität der Untersuchungen zu diesem Thema gesehen werden kann. Deshalb kann dieser Abschnitt nur einen Bruchteil der möglichen Themen wiedergeben. Stellt sich jedoch die Frage des Wissenserwerbs mittels CAL-Systemen, so werden in diesem Abschnitt Aspekte angesprochen, denen diesbezüglich eine besondere Aufmerksamkeit zukommen. So ist die Frage nach dem Unterschied von Papier- und Bildschirmtext heute von großer Bedeutung, da die heutige Informationsgesellschaft sich doch gerade durch die elektronische Informationsdarbietung, die primär durch Text geschieht, definiert. Auch wurde aufgezeigt, daß das Konzept der *investierten mentalen Anstrengung* sich neben Text durchaus auch auf andere Codierungen übertragen läßt. Des weiteren widerspricht das Konzept der *investierten mentalen Anstrengung* jedoch dem prophezeiten Minimum-Maximum-Prinzip, wonach das Lernen mit Multimedia die mentale Anstrengung minimieren soll und trotzdem der Output - also die positive Lernleistung - erhöht werden kann. Abschließend wurde die Kohärenz von Lehrinhalten angesprochen, die essentiell für einen zu vermittelnden Lehrstoff ist und die postuliert, daß die Codierung Text zur Kohärenzbildung am besten geeignet ist. Ist die Kohärenz des Lehrinhalts gesichert, können weitere Überlegungen über geeignetere Codierungen zur Repräsentation angestellt werden.

3.1.2 Sprache

Die zweite zu betrachtende Codierungsart ist die Sprache. Sprache stellt die Codierungsform dar, die wir tagtäglich zum Kommunizieren benötigen. Sprache ist allgegenwärtig und der Umgang mit derselben wird bereits lange vor dem Lesen und Schreiben erlernt. Umso verwunderlicher ist es, daß Sprache bei der Wissensvermittlung eher kritisch zu sehen ist, wie in Kapitel 3.2.3 gezeigt wird.

In den folgenden Abschnitten werden einige wichtige Charakteristika der Codierung Sprache erörtert. Dabei werden Argumente gegen und für den Einsatz von Sprache in CAL-Systemen aufgezeigt und einige Folgerungen daraus dargelegt.

3.1.2.1 Spracherkennen versus Sprachkontext

In S. Buck (Buck 1993, S.38) wurde ein Experiment von Pollack und Pickett (Pollack & Pickett 1964, S.151-165) erwähnt, in welchem die Probanden Gespräche hörten und Wör-

ter daraus erkennen sollten. Diese Untersuchung kam zu dem Ergebnis, daß wenn weder der Kontext noch die Sprachumgebung bekannt war, die Probanden weniger als 50 % der Worte verstanden. Diesem Ergebnis sollte bei der Realisierung von CAL-Systemen großer Beachtung geschenkt werden, da jene Versuchsbedingung sehr leicht eintreten können, wenn der Lernende nicht genügend Information über das zu vermittelnde Wissen erhält. Auch ist es beim täglichen Sprachverstehen sehr hilfreich, wenn nicht sogar notwendig, zu wissen, in welchem Zusammenhang, von welchen Personen, an welchem Ort, etc. ein Gespräch geführt wird.

In Hasebrook (Hasebrook 1995, S.51) findet sich ein recht anschauliches Beispiel, das die Unkenntnis über den Kontext das Unverständnis einer ganzen Aussage zur Folge haben könnte:

In mud eels are, in clay none are.

Bekommt eine perfekt englisch sprechende Person diesen Satz zu hören, so wird sie mitunter folgendes verstehen:

In may deals are, in clainarnar.

Wird sie jedoch vorher darüber aufgeklärt, aus welchem Buch dieser Satz stammt, so wird die Person den Satz ohne Probleme verstehen.

Ein wesentlicher Vorteil von der sprachlichen gegenüber der schriftlichen Repräsentation besteht im Behaltensvorteil von Sprache, sowohl im Kurzzeitgedächtnis, als auch im Langzeitgedächtnis, was in zahlreichen Untersuchungen (Crowder 1993) kontinuierlich belegt wurde. Diese Beiträge basieren auf Modellvorstellungen, die im Kapitel 4 noch ausgiebig diskutiert werden. Dort ist die Gelegenheit, Ergebnisse zur besseren Behaltensleistung von Sprache darzulegen.

3.1.2.2 Akzeptanz der Sprache

Im folgenden werden zwei Akzeptanzprobleme vorgestellt, die sich zwar grundlegend voneinander unterscheiden, jedoch durch sie jeweils die Akzeptanz der Sprache kritisch beurteilt werden kann.

Das erste Akzeptanzproblem betrifft die generelle Fragestellung, ob Sprache eingesetzt werden soll oder nicht. Eine Untersuchung von van Nes (van Nes 1988, S.104-111) zitiert,

in welcher mit unterschiedlichen Ausgangsbedingungen die Probanden unterschiedlich stark Sprache akzeptierten oder nicht akzeptierten. So zeigte van Nes, daß bei frei wählbarer Repräsentation durch Sprache, eine eindeutige Präferenz der Sprache gegenüber Text existierte. Wurde dagegen die Sprache vorgegeben, so wurde dies als unangenehm empfunden. Die Folgerung, Sprache nun generell als freiwählbare bzw. ergänzende Codierung in einem CAL-Programm zu ermöglichen, wäre ein zu kritisierender Ansatz.

Bei seinen Beobachtungen zum Akzeptanzproblem kam van Nes noch zu drei Schlußfolgerungen, die zwar weniger für die Akzeptanz von Sprache relevant sind, aber ein Weglassen dieser Folgerungen in diesem Abschnitt gegenüber dem Leser rechtfertigen wäre. Diese sind in jedem Fall bei der Realisierung von CAL-Programmen mit Sprache zu berücksichtigen:

- Sprache erzeugt beim Lernenden eine Wertung des Lerninhalts.
- Durch eine rasche Aufeinanderfolge von Instruktion und Ausführung kann Sprache eine starke Führung auf den Lernenden ausüben.
- Sprache sollte nur dann verwandt werden, wenn es um einen leicht zu vermittelnden Lehrinhalt geht.

Es sei zu bemerken, daß der erste Punkt durchaus auch auf andere Codierungen wie Text oder Standbild zutrifft, van Nes mit diesem Punkt hauptsächlich auf das Klangbild der Sprache abzielte. So kann die Sprache beispielsweise einen ernsten, seriösen Charakter besitzen, womit gleichzeitig die so notwendige Autorität bezüglich des Wissenserwerbs¹² verwirklicht wird. Die zweite Schlußfolgerung kann gut den temporalen Aspekt mit einbeziehen. So könnte beispielsweise eine Anleitung zum Kochen den Lernenden direkt führen, indem durch das Fortschreiten der Anweisungen die vorherige zeitlich begrenzt wird und damit die erwähnte Führung erfolgen würde. Die letzte Folgerung von van Nes verweist auf unsere begrenzte Aufmerksamkeit, die eng mit dem noch zu erläuternden Aspekt der Flüchtigkeit¹³ verbunden ist. Dadurch wird postuliert, daß komplexere Lehrinhalte den Einsatz zusätzlicher Codierungen fordern.

Das zweite Akzeptanzproblem greift den Aspekt des Fremden oder Ungewohnten auf, der ebenfalls zu großen Verständnisproblemen führen kann, wie z.B. ein anderer Akzent. Gerade in Regionen, in denen kein oder ein abweichender Akzent gesprochen wird, kann

12.Vgl. Kapitel 3.1.1.1.

13.Vgl. Kapitel 3.2.3.

dies zu großen Verständnisproblemen führen. Daraus resultiert die einfache Forderung, die jeweilig definierte Amts- bzw. Landessprache in CAL-Systemen zu verwenden.

In Deutschland mag dieses Problem vernachlässigbar sein, jedoch in anderen Ländern, wie z.B. Spanien oder der Schweiz sieht die Situation anders aus. Gehen wir nach Spanien, wo neben unterschiedlichen *acentos* auch noch unterschiedliche *dialectos* gesprochen werden und berücksichtigt man die Verschiedenheit der Iberiker, die sich nicht nur in ihrer regional, stark ausgeprägten Kultur, sondern auch in der gesprochenen Sprache der jeweiligen Region stark unterscheidet, so wird sich ein Designer eines CAL-Systems vor einer schier unlösbaren Aufgabe wiederfinden, möchte er sein Produkt doch landesweit vermarkten. Die Identifikation des Lernenden mit der Sprache an Stelle von Abneigung ist eine grundlegende Voraussetzung zur Wissensvermittlung. Dieses sprachliche Akzeptanzproblem besteht bei Text nicht.

3.1.2.3 Zusammenfassung

In diesem Abschnitt wurde die kritisch zu beurteilende Codierung Sprache dargestellt, deren größter Nachteil wohl in ihrer temporalen Eigenschaft liegt, was in Kapitel 3.2.3 noch genauer untersucht werden wird. Die Problematik des Spracherkennens, was ausführlich in Kapitel 3.1.2.1 und Kapitel 3.1.2.2 diskutiert wurde, ist ein weiterer kritischer Punkt der Sprache, der durch den intelligenten Einsatz von Sprache minimiert werden kann. Dabei können die drei Schlußfolgerungen von van Nes wertvolle Hilfestellungen geben. Zum Schluß wurde auf die Akzeptanz von Sprache eingegangen, deren Gewichtung vielleicht weniger ausgeprägt ist als das Thema des vorherigen Abschnitts, obwohl in dem Phänomen der Akzeptanz ein enormes Kapitel für Multimedia-Designer steckt. So ist Sprache gut geeignet durch ihre Klangvielfalt die Aufmerksamkeit der Lernenden zu beeinflussen. So kann eine wohlklingende, einprägsame Sprache nicht nur für die Akzeptanz förderlich sein, sondern auch Autorität repräsentieren, die zur Wissensvermittlung so notwendig ist. Da Sprache eine speicher- und verarbeitungsintensive Codierung ist, hat der Einsatz von Sprache in CAL-Systemen erst in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Aus diesem Grund läßt sich auch der Mangel an Experimenten erklären, die Sprache in CAL-Systemen untersuchten. An dieser Stelle soll deshalb erwähnt werden, daß der Einsatz von Sprache in CAL-Systemen in dieser Arbeit eine zentrale Rolle spielen wird, weshalb der durchgeführte Versuch, der in Kapitel 5 erläutert wird, dem genannten Mangel entgegenzuwirken versucht.

3.1.3 Standbild

Die dritte und zugleich letzte Codierungsart, die ausführlich besprochen werden soll, ist das Standbild. Im Gegensatz zu den vorherig behandelten Codierungen sollen hier die kognitiven Charakteristika durch die Betrachtung von wichtigen Bildfunktionen geschehen. Ohne Standbilder sind klassische Instruktionsmedien wie Lehrbücher nicht denkbar. Trotz dieser ständigen Präsenz hat die Codierung Standbild als monocodale Repräsentation von Wissen in der Forschung bisher eher eine geringe Aufmerksamkeit erfahren. Das mag daran liegen, daß Standbilder hauptsächlich aus affektiven und motivierenden Gründen ihren Platz in Schulbüchern finden. Die Studien jedoch, die sich mit dem Wissenserwerb mit Standbildern befaßten, postulieren einen Lernvorteil durch Hinzufügen von Standbildern zu Text. Eher selten wurde dabei der Vorschlag von Levie und Lentz (Levie & Lentz 1982, S.195-232) berücksichtigt, den Unterschied zwischen reiner Text- bzw. Bildrepräsentation und einer Kombination dieser beiden Codierungen zu untersuchen bzw. zu vergleichen (Weidenmann 1993, S.2). Das im Kapitel 5 vorgestellte Experiment berücksichtigt diesen Vorschlag und wird dadurch in der Lage sein, einen positiven bzw. negativen Lerneffekt gegenüber anderen Codierungen aufzuzeigen.

Also wurden Bilder meist in Kombination zu Text untersucht, woraus bestimmte Funktionen für Bilder bestimmt wurden. Aus diesem Grund soll im nachfolgenden die kognitiven Funktionen von Bildern erläutert werden, deren Wurzel in den Forschungsarbeiten zu illustrierten Texten zu finden ist, aber auch, weil die ausschließliche Vermittlung von Wissen durch Bilder mehr als fragwürdig zu sein scheint.

Bevor auf diese Bildfunktionen eingegangen wird, soll eine grundlegende Schwierigkeit von Bildern erörtert werden.

3.1.3.1 Klarheit und Informativität von Standbildern

Die Klarheit und Informativität von Bildern sind essentielle Aspekte, die gerade bei *Instruktionsbildern* von großer Bedeutung sind und nicht ohne weiteres zu realisieren sind. Bilder müssen klar und verständlich sein. D.h., die bildhaft codierte Information muß für die Rezipienten eindeutig sein, um klare Aussagen formulieren zu können. Die Informationsextraktion sollte für alle Rezipienten identisch sein, also müssen die Bilder die Information effektiv kommunizieren (Weidenmann 1993b, S.2).

Durch Abbildung 2 wird gezeigt, daß Klarheit und Informativität von Standbildern nicht

immer selbstverständlich sind. Bei diesem Bild zeigt sich, daß die Meinung darüber, was gesehen wird, sich von Individuum zu Individuum unterscheiden kann. So kann es sich im vorliegenden Beispiel um eine Ente oder um einen Hasen handeln. Solche Abbilder werden als instabil bezeichnet, obwohl die Abbildung sich nicht verändert. Es sind also mehrere Interpretationen des Bildes möglich und da bei Betrachten des Bildes die Interpretation von der einen Sichtweise in die andere *umkippen* kann, werden solche Bilder auch *Kippbilder* genannt. Kippbildern ist gemeinsam, daß wir uns bemühen müssen, jeweils die eine oder die andere Interpretation zu sehen.



Abbildung 2: Die Interpretation von Kippbildern ist instabil (Quelle: Hasebrook 1995, S.22).

Chambers und Reisberg (Chambers & Reisberg 1985, S.317-328) untersuchten dieses Phänomen genauer. Die Figur in Abbildung 2 wurde kurz dargeboten, wozu die Probanden eine mentale Vorstellung dieses Bildes machen sollten. Dabei war die Darbietungszeit des Bildes solange, daß gerade eine Interpretation der Figur aufgebaut werden konnte. Nach Entfernen des Bildes sollte dann eine zweite Interpretation gefunden werden. Die Probanden waren dazu nicht in der Lage. Die zweite Aufgabe bestand darin, das Bild aus dem Gedächtnis zu zeichnen und anhand der fertigen Zeichnung zu versuchen, die zweite Interpretation zu finden, was gelang. Chambers und Reisberg folgerten daraus, „... daß visuelle Vorstellungen sich dadurch von der Verarbeitung tatsächlicher Bilder unterscheiden, daß die vorgestellten Bilder an eine bestimmte Interpretation gebunden sind“ (Anderson 1996, S.114).

Kippbilder stellen sicherlich ein Extremum dar, doch sollte deutlich geworden sein, daß Bilder nicht selbstverständlich den Aspekt der Klarheit und Informativität wiedergeben.

Wie bereits erwähnt sollen nun Funktionen von Bildern betrachtet werden. Levin (Levin 1987, S. 51-85) identifizierte drei Hauptfunktionen von Bildern in Texten: Die darstellende Funktion, die interpretierende Funktion und die organisierende Funktion. Nachdem das Wesen dieser drei wichtigen und auch kognitiv mächtigen Funktionen dargelegt wurde, sollen zwei weitere Funktionen erwähnt werden, nämlich die transformierende und die perspektive-induzierte Funktion, welche interessante Aspekte bezüglich der Wissensvermittlung an den Tag bringen (Peek 1993, S.59-94).

3.1.3.2 Die darstellende Funktion

Darstellende Bilder können das Lesen ergänzen und die Veranschaulichung des Materials gewährleisten. Sie soll die Textinformation konkretisieren und Akteure, Objekte, Ereignisse und Aktionen visualisieren. Vorrangig sollte die darstellende Funktion benutzt werden, wenn ein unbekanntes Objekt oder Ereignis erklärt wird oder wenn der Text von etwas handelt, das schwer mit Worten auszudrücken ist.

So kann beispielsweise das Innenohr, wie in Abbildung 3 zu sehen ist, visualisiert werden. Dabei wird ein visuell unbekanntes Objekt dargestellt, was dem Betrachter einen Einblick in den Aufbau dieses Organs vermittelt und was alleine durch Worte schwer zu erklären wäre. Also wird dieses Bild der Darstellungsfunktion gerecht.

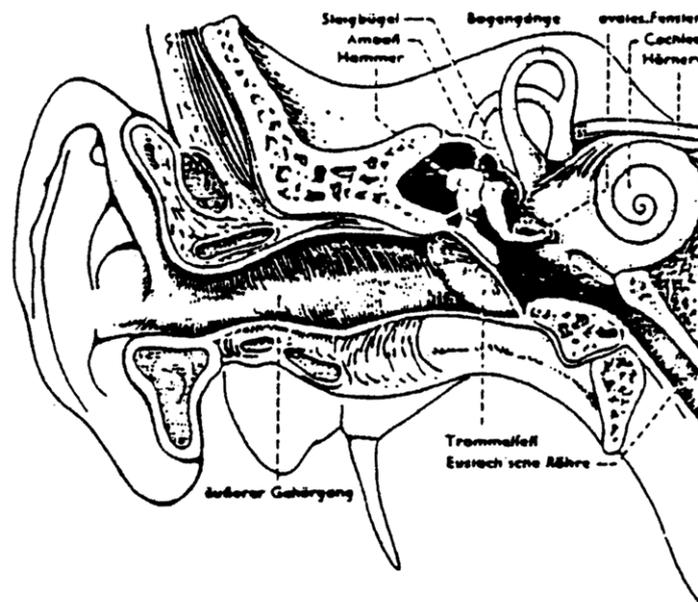


Abbildung 3: Standbild, das die darstellende Funktion erfüllt (Quelle: Weidenmann 1993b, S.5).

3.1.3.3 Die interpretierende Funktion

Die interpretierende Funktion soll einen schwer zu verarbeitenden Text verständlicher machen. Z.B. kann das Bild einen Kontext schaffen, der als Interpretationsgerüst für das Textverständnis benutzt wird. Anschaulich wurde dies durch eine Studie von Bransford und Johnson (Bransford & Johnson 1972, S.717-726) untersucht, in welcher Studenten ein scheinbar unverständlicher Text vorgeführt wurde:

„Wenn die Ballons platzen sollten, wäre der Ton vom richtigen Fenster zu weit weg. Ein geschlossenes Fenster würde auch den Ton abhalten, da Häuser zumeist gut isoliert sind. Da die Operation auf einem steten Fluß der Elektrizität basiert, würde ein Bruch in der Mitte des Drahtes ebenfalls zu Problemen führen. Natürlich könnte der Mann rufen, aber die Stimme würde nicht weit genug tragen. Als weiteres Problem könnte auf dem Instrument eine Saite reißen. Dann würde die Begleitung der Botschaft entfallen. Klar ist, daß ein geringer Abstand am besten wäre. Es gäbe dann weniger Probleme. Von Angesicht zu Angesicht würde kaum etwas schief laufen“ (Peek 1993).

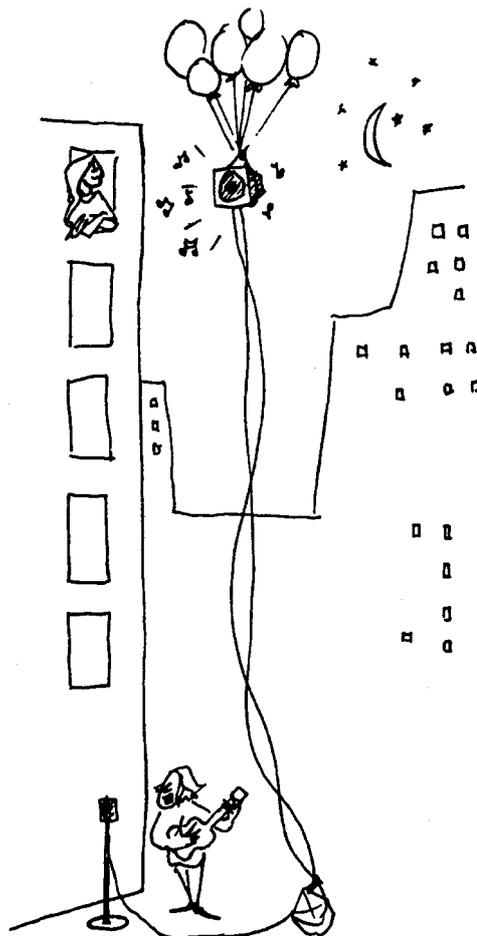


Abbildung 4: Standbild, das die interpretierende Funktion erfüllt (Quelle: Peek 1993, S.66).

Es kam bei den Probanden zu einer geringen Verständlichkeit des Textes, jedoch durch das Hinzufügen von mehreren Bildern, wie z.B. die Abbildung 4 wurde die Textpassage verständlich: ein Romeo unserer Zeit, der der Frau seines Herzens auf einen umständlichen Weg ein Ständchen bringen wollte.

Ein weiterer Aspekt kann die Aktivierung von Vorwissen durch das Bild sein. Hier soll dem Lernenden geholfen werden, eine Beziehung zwischen neuem und bereits vorhandenem Wissen herzustellen, um somit die neue Information leichter oder überhaupt interpretieren zu können.

3.1.3.4 Die organisierende Funktion

Durch diese Funktion wird die Struktur und der Zusammenhang des Textes deutlicher und verschiedene Textelemente werden zu einem bedeutungsvollen und informativen Ganzen zusammengefügt. Durch derartige Bilder können räumliche und strukturelle Zusammenhänge erklärt werden, die im Text erwähnt wurden, wie z.B. die Abbildung 5, das den Pawloschen Laborversuch darstellt.

Auch bei handlungsleitenden Texten spielen Bilder, die die organisierende Funktion erfüllen, eine deutliche Rolle. Z.B. bei einer Gebrauchsanweisung, die eine bestimmte Handlungssequenz bildhaft macht. Aber auch bestimmte Bildtypen, wie z.B. Grafiken, werden naturgemäß der organisierenden Funktion gerecht.

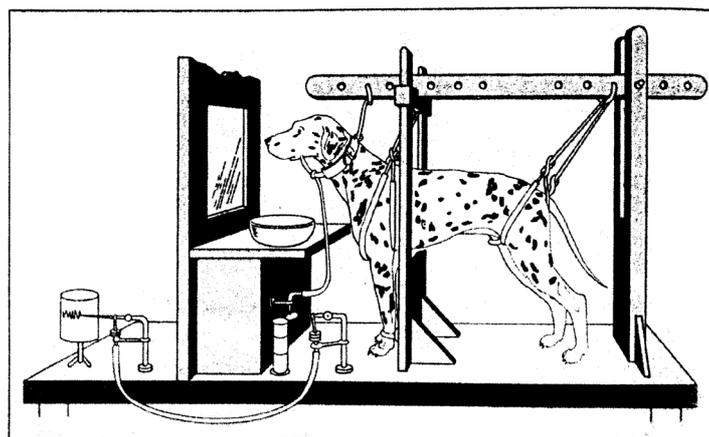


Abbildung 5: Standbild, das die organisierende Funktion erfüllt (Quelle: Peek 1993, S.67).

3.1.3.5 Die transformierende Funktion

Bilder, die der transformierenden Funktion gerecht werden, wurden gezeichnet, um die Erinnerbarkeit eines Textes zu erhöhen. Durch ihre bildhafte Darstellung des Textinhaltes, kann der Text im allgemeinen besser erinnert werden. Bild und Text unterstreichen somit gemeinsam die behaltensrelevanten Lerninhalte. Levin hat gezeigt, daß transformierende Bilder besonders dann nützlich sind, wenn es um schwer zu behaltende Inhalte geht, wie neu zu lernende Begriffe, geschichtliche Daten usw. (Levin 1987, S.51-85).

Recht anschaulich, kann dies durch Abbildung 6 illustriert werden. Dieses Bild gehört zu einer Beschreibung eines Pflanzenklassifikationssystems und repräsentiert eine sogenannte *Eselbrücke*. Es wird gezeigt, wie das Wort *angiosperms*¹⁴, durch das orthographisch ähnliche Wort *angel* dargestellt werden kann. Es wird also ein Engel mit einem Blumenstrauß repräsentiert und der ergänzende Text unterstreicht genau die Elemente, die erinnert werden sollen. Levin zeigte, daß Wörter die durch ein solches transformierendes Bild erklärt wurden, besser behalten werden konnten.

WORD CLUE: ANGIOSPERM (angel)



To remember the distinguishing features of angiosperms, study this picture of a happy angel with a bouquet of flowers in her hands.

Abbildung 6: Standbild, das die transformierende Funktion erfüllt (Quelle: Peek 1993, S. 68).

14. Blütentragende Pflanze.

3.1.3.6 Die perspektive-induzierende Funktion

Eine überaus interessante Bildfunktion stellt die perspektiv-induzierte Funktion dar. Durch sie reicht ein kurzer Blick des Lesers aus, um zu erfahren, wovon der Text handelt. Damit kann der Lernende das Thema einordnen und bereits vorhandenes Vorwissen aktivieren, was dem Behalten förderlich ist.

Darüber hinaus wird durch das Bild auch oftmals der Blickwinkel des Autors deutlich, was beim Lernenden Abneigung erzeugen bzw. auch Identifizierung mit dem Text bedeuten kann, was sich sehr stark auf die Lernbereitschaft und sich somit wiederum auf das Lernergebnis auswirkt.

3.1.3.7 Zusammenfassung

Zusammenfassend kann über die lernfördernde Wirkung von Bildern gesagt werden, daß sie Lernende anregen können, mehr mentale Anstrengung in das Erarbeiten des Lehrinhalts zu investieren; daß die Aufmerksamkeit der Lernenden fokussiert und eine sorgfältigere Verarbeitung der Textinformation durch den Lernenden erreicht werden kann; daß Bilder Kontexte schaffen, zur Aktivierung von Vorwissen beitragen und die Interpretation von Information vereinfachen können; ebenso können Bilder gut die Struktur eines Textes widerspiegeln, um somit als sogenannter *advance organizer*¹⁵ dem Lernenden den roten Faden aufzuzeigen. Letzteres wurde durch eine Meta-Analyse von Moore und Readance bestätigt, die eine Visualisierung des *advance organizer* zur Kohärenzverbesserung befürwortet (Moore & Readance 1984, S.11-17).

Es wird weiter vermutet, daß durch bildliche Vorstellung, die Wahrscheinlichkeit von Interferenzen und des Vergessens vermindert wird und darüber hinaus der spätere Rückgriff auf das gespeicherte Wissen erleichtert wird.

In Kapitel 4.3 wird anhand der Dual-Code-Theorie von Paivio nochmals auf die Interpretation von Bildwirkungen eingegangen, was die aufgezeigten, lernfördernden Wirkungen von Bildern impliziert. Vorrangig soll erwähnt werden, daß die Theorie bezüglich eines vorhandenen mentalen Modells den positiven Lerneffekt mit Bildern zu belegen versucht. Dagegen wird in jüngster Zeit der Anspruch laut, „... daß es zu untersuchen gelte, wie Bilder zur Konstruktion mentaler Modelle beim Lesen mit illustriertem Text beitragen ...“ (Peek 1993, S.59-94).

15. *Advance organizer* meint einen klar und einfach strukturierten Überblick über grundlegende Aspekte eines Lehrstoffs.

Inwieweit dieser Weg realisierbar ist oder nicht, soll an dieser Stelle nicht diskutiert werden. Jedoch könnten diesbezügliche Forschungsaktivitäten zu Resultaten führen, womit Designern von Lernprogrammen ein mächtiges Werkzeug in die Hand bekommen würden, wonach sie gezielt mentale Modelle beim Lernenden erzeugen könnten, mit denen ein positiver Lerneffekt garantiert sein würde.

Bleibt man bei dem was man hat und möchte man den Vorteil von illustriertem Text gegenüber nur Text durch Zahlen konkretisieren, so kann der häufig zitierte Überblick von Levie und Lentz herangezogen werden, wonach 85 % der experimentellen Vergleiche zwischen illustriertem und nur Text für die multicodale Darstellungsform ausfiel (Levie & Lentz 1982, S.195-232).

Zu einem ähnlichen Ergebnis kam eine neuere Meta-Analyse von Levin u.a. (Levin, Anglin und Carney 1987), die z.B. auch Sprache in ihre Betrachtung mit einbezog, was für die vorliegende Arbeit von besonderer Bedeutung ist.

3.2 Klassifikation der Codierungen

Im folgenden soll eine wichtige Kategorisierung der unterschiedlichen Codierungen bewertet werden, der zweifellos ein wesentlicher Anteil an der Gestaltung multicodaler Lernangebote zukommt.

Da es heute möglich ist, in CAL-Systemen verschiedene Codierungen beliebig miteinander zu verknüpfen, ist es wichtig, die kognitiven Wirkungen aufzuzeigen, die durch den Einsatz von multicodalen Angeboten entstehen. Dabei scheint gerade bezüglich CAL die Forschung noch am Anfang zu stehen.

Umso wichtiger ist eine Kategorisierung der jeweiligen Darstellungsformen, um eine Grundlage für Bewertung und Analyse zu schaffen. Nach Kerres lassen sich in CAL grundsätzlich nachfolgende vier Codierungsarten unterscheiden (Kerres 1993, S.87-102):

- Text
- Sprache
- Standbild
- Bewegtbild

Dabei sind die ersten drei Codierungen bereits ausführlich diskutiert worden und das Weglassen der vierten - also Bewegtbilder - wurde begründet.

Es fällt auf, daß *Sound*¹⁶ hier keine Zuordnung findet. Dies ist damit zu begründen, daß beispielsweise Kerres der Codierung *Sound* keine signifikante kognitiven Wirkung zuschreibt, was bereits durch das Fehlen von fundierten Studien deutlich wird.

Jedoch ist dies zu bezweifeln, da *Sound* viele Lernfunktionen übernehmen kann, wie z.B. die der Aufmerksamkeitssteuerung. Trotzdem soll *Sound* vernachlässigt werden und nur aus Gründen der Vollständigkeit erwähnt werden, um unsere Aufmerksamkeit auf *die* Codierungsarten fokussieren zu können, deren Informationsgehalt weitaus höher ist.

Je nach Zielsetzung können die genannten Codierungsarten wie folgt aus unterschiedlichen Blickwinkeln betrachtet werden (Paechter 1996, S.58):

- verbal und non-verbal
- visuell und auditiv
- stabil und flüchtig

Diese Klassifizierung ist gerade für den multimedialen Einsatz von großer Bedeutung, da diese in der Kognitionspsychologie wegen ihres Einflusses auf den Wissenserwerb stark diskutiert werden. Es scheint, daß aus Kombinationsmöglichkeiten verschiedener Codierungen effektives oder weniger effektives Lernen der Probanden resultieren könnte.

Deshalb wird dieses Kapitel einige Ergebnisse der Kognitionspsychologie aufzeigen und mögliche, lernsteigernde Kombinationen postulieren.

In der Diskussion über mögliche Codierungen mentaler Repräsentationen wurden immer die modalitätsspezifischen Aspekte hervorgehoben. Demnach können modalitätsspezifische Systeme für unterschiedliche Reizklassen definiert werden, also in verbale und non-verbale Reize, aber auch bezüglich der unterschiedlichen Eingangskanäle, in visuelle und auditive Kanäle (Zimmer 1993, S.99).

In den folgenden beiden Kapiteln sollen dem Leser eine differenzierte Betrachtungsweise für die Bedeutung von verbal/non-verbal und visuell/auditiv nahegebracht werden. Dabei wird die kognitive Bedeutung und das Charakteristikum dieser Betrachtungsweisen und wesentliche Einflüsse auf die Gestaltung von CAL-Programmen aufgezeigt. Am Ende werden die Kriterien Stabilität und Flüchtigkeit eingeführt, denen eine besondere Rolle im didaktischen Umgang mit den neuen Möglichkeiten zukommen.

16.Unter der Codierung *Sound* werden im allgemeinen Geräusche und Musik verstanden.

3.2.1 Verbal versus Non-Verbal

Unter einer verbalen Codierung wird zwischen geschriebener Sprache, also Text und gesprochener Sprache¹⁷ unterschieden. Dagegen sind non-verbale Codierungen überwiegend bildliche Darstellungen, also Stand- und Bewegtbilder, jedoch *Sound* ebenfalls dieser Zuordnung unterliegt. Tabelle 4 gibt diesen Sachverhalt anschaulich wieder.

Tabelle 4: Verbale und non-verbale Codierungen.

verbal	non-verbal
Text Sprache	Standbild Bewegt bild Sound

Verbale und non-verbale Codierungen besitzen spezielle Merkmale, durch die die Charakteristika sehr gut aufgezeigt werden können (Paechter 1996, S.60):

- Durch eine verbale Codierung kann nur die Grundbedeutung vermittelt bzw. auf die allgemeine Kategorie verwiesen werden. Dagegen kann z.B. ein Standbild Informationen über ein spezifisches Objekt vermitteln, das bestimmte Eigenschaften besitzt und sich in einem gewissen Bezug zu anderen Objekten befindet. Text und Sprache abstrahieren von diesen spezifischen Eigenschaften und verweisen auf abstrakte Sachverhalte. Somit können durch Text und Sprache Bedeutungen besser in einen logischen Zusammenhang gebracht werden.
- Wird beispielsweise ein Gegenstand durch Text oder Sprache beschrieben, so können dadurch spezielle Attribute herausgegriffen und gezielt darauf verwiesen werden. Somit besitzen die verbalen Codierungen eine spezielle Referenzfunktion.
- Beispielsweise könnte es um einen Lerngegenstand gehen, der mit Worten mühselig zu beschreiben ist. Durch Standbilder könnten solche schwer zu beschreibenden Lerngegenstände oftmals *auf einen Blick* vermittelt werden. Damit würden Standbilder einen hohen Informationsgehalt besitzen. *Bilder sagen mehr als tausend Worte.*

Betrachten wir nun die kognitiven Aspekte dieser Modalitäten.

Verabschiedet man sich von der monocodalen Betrachtungsweise und kombiniert verbale

17.Im weiteren wird *gesprochene Sprache* auf den gebräuchlicheren Begriff *Sprache* reduziert.

mit non-verbalen Repräsentationen¹⁸, so wird vermutet, daß eine Steigerung des Lerneffekts erreicht werden kann. Demnach könnte eine Kombination von Standbild und Sprache nach dieser Vermutung einen positiven Lerneffekt beinhalten. Untersuchungen zu illustrierten Texten belegen diesen Ansatz, indem sie die Steigerung der Behaltensleistung von verbalem Material nachweisen, wenn bildliche, also non-verbale Vorstellungen dazu entwickelt werden (Anderson 1996, S.103). Die Frage eines höheren Lernerfolgs hängt dennoch von vielen anderen Faktoren ab, wie z.B. die Strukturierung des Inhalts. Im Kapitel 4 werden mentale Modelle vorgestellt, die auf diesem Ansatz einer parallelen verbalen und non-verbalen Repräsentation beruhen und ihn als Grundlage bei der Gestaltung von CAL-Programmen verstehen.

3.2.2 Visuell versus Auditiv

Die Codierungen können neben der Kategorisierung *verbal / non-verbal* auch danach bewertet werden, welche Sinnesmodalität sie ansprechen. Demnach wird durch Text, Standbild und Bewegtbild die visuelle und durch Sprache und Sound die auditive Wahrnehmung angesprochen, wie es in der Tabelle 5 dargestellt wird.

Tabelle 5: Visuelle und auditive Codierungen.

visuell	auditiv
Text	Sprache
Standbild	Sound
Bewegtbild	

Diese Differenzierung gibt die Möglichkeit, Kombinationen einer visuellen und auditiven Darstellungsart zu bewerten. So könnte damit beispielsweise eine Entlastung der Sinneseingangskanäle untersucht werden. In diesem Fall stellt sich die Frage, ob eine solche Entlastung die begrenzte Aufmerksamkeit des Lernenden erhöhen kann und somit eine Steigerung der Lernleistung erzielt werden könnte.

Antworten auf diese Frage kann man im begrenzten Maß von einigen Studien (Baddeley 1991; Penney 1989, S.455-470) erhalten, die den Lernvorteil von Text und Sprache untersuchten. Diese Studien kamen zu dem Ergebnis, daß teilweise Sprache besser behalten werden kann als Text.

¹⁸.Vgl. dazu Kapitel 4.3 und Kapitel 4.4.

Weidenmann kritisiert jedoch eine Auswahl der Codierungen nach diesen Modalitäten: „Systematische Vergleiche zwischen den Modalitäten beim Lernen mit Medien sind kaum durchzuführen, weil die Sinnesmodalitäten mit den Codierungen und Strukturierungen der medialen Angebote interagieren“ (Weidenmann 1995, S.9). Dies bedeutet, daß die auditive Präsentation und Rezeption von z.B. Sprache sich wesentlich von der visuellen Darstellung unterscheidet. Doch beim Lernen und Verstehen sind aus kognitionspsychologischer Sicht nicht die jeweils angesprochenen Sinnes-Eingangskanäle wichtig, sondern die *internen* Codierungen und Verarbeitungsprozesse.

Es gibt eine Reihe von Argumenten, die für eine gut gewählte Kombination auditiver und visueller Informationseinheiten plädieren. So zeigen beispielsweise die Sinnesorgane durch eine längere Informationsdarbietung eine Gewöhnung und Ermüdung, so daß die Aufmerksamkeit mit der Zeit sinkt (Holding & Fatigue 1983, S.149-167). Es kommt zur *kognitiven Überlastung*.

Da die meisten Lernangebote visueller Natur sind, kann eine aufkommende *kognitive Überlastung* durch den Einsatz von auditiven Komponenten reduziert werden. Studien von Engelkamp & Zimmer belegen, daß es durch das Ansprechen unterschiedlicher Modalitäten zur Reduzierung der *kognitiven Überlastung* kommt (Engelkamp & Zimmer 1990, S.84 - 97).

Die Lenkung der Aufmerksamkeit kann dann z.B. durch den Einsatz von Sprache erhöht werden. Des weiteren können durch den abwechselnden Gebrauch von visueller und auditiver Codierung Ermüdungseffekte eines Sinneskanales minimiert werden, was zur Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit führen kann (Paechter 1996, S.61).

Sprache kann zudem den Vorteil bieten, daß die Motivation des Probanden durch paraverbale Zusatzinformation, wie Klang der Sprache, Vermittlung von Emotionen, Betonung wichtiger Informationen etc. gesteigert werden kann (Grimm & Engelkamp 1981). Dabei kann letzteres als Strukturhilfe dienen, wodurch wiederum eine Steigerung des positiven Lerneffekts bewirkt werden kann. Sprache kann also die Aufmerksamkeit auf das Wesentliche lenken, um somit gezielter Lerninhalte vermitteln. Dies wird gerade dann deutlich, wenn ein Bild zu betrachten ist, Sprache den Lernenden einzelne Komponenten des Bildes erläutert und sie somit wiederum als Strukturhilfe fungiert und den Blick des Probanden lenkt.

In multimedialen Angeboten kann zusätzlich eine individuelle Wahlmöglichkeit zwischen der auditiven Darstellungsform Sprache und der visuellen Darstellungsform Text realisiert werden, wobei der Lernende bei einer parallelen Repräsentation von Stand- bzw. Bewegtbild seine bevorzugte Kombination wählen kann. Wird z.B. die Codierung *Sprache* gewählt, so kann dies zu einer höheren Aufmerksamkeit bei der Betrachtung eines Bildes führen und somit für den Lerneffekt von großem Vorteil sein. Des Weiteren kann eine solche Wahlmöglichkeit das anstrengende Wechseln zwischen Text und Bild verringern.

3.2.3 Stabilität versus Flüchtigkeit

Eine Codierung kann als stabil bezeichnet werden, wenn sie dem Lernenden ermöglicht, über die Dauer der Informationsdarbietung entscheiden zu können. Dagegen wird eine Codierung als flüchtig deklariert, wenn diese Möglichkeit nicht gegeben ist. Demzufolge gehören Texte und Standbilder zu den stabilen, Sprache, Bewegtbilder und Sound zu den flüchtigen Repräsentanten, wie es in Tabelle 6 zu sehen ist.

Tabelle 6: Stabile und flüchtige Codierungen.

stabil	flüchtig
Text Standbild	Sprache Bewegtbild Sound

Wesentliches Merkmal der Stabilität ist es, daß der Lernende nach seinen eigenen Kenntnissen und Fähigkeiten die Informationsaufnahme so gestalten kann, wie es für ihn von Nöten ist. Er kann z.B. einen Text langsam oder mehrmals lesen, aber auch selbstbestimmte Pausen sind möglich. Von dieser Eigenschaft profitieren gerade „... Lerner mit geringem Vorwissen und/oder schlechter Lernstrategie, weil sie ihr Rezeptionstempo den Schwierigkeiten anpassen können“ (Weidenmann 1993b, S.24). Gute Rezipienten mit umfangreicherem Vorwissen können durch selektive Auswahl von Textpassagen ihr Lerntempo erhöhen und somit von der Stabilität profitieren (Kozma 1991, S.179-211).

Wird das Lernangebot mit Hilfe flüchtiger Codierungen gestaltet, so wird inhärent das Tempo der Informationsdarbietung und die Zeit für die Informationswahrnehmung vorgegeben, was bei Lernern mit geringem Vorwissen und/oder Lernstrategien schnell zur kognitiven Überlastung, zu Kohärenz- und Verstehenslücken und zu nur oberflächlicher

und bruchstückhafter Verarbeitung führen kann und wird (Weidenmann 1993b, S.24). Jedoch können die negativen Effekte eines flüchtigen medialen Lernangebots reduziert werden, indem es dem Rezipienten ermöglicht wird, auf die einzelnen Lehrinhalte beliebig oft zugreifen zu können, um somit von der Rolle des Beeinflußten zum Beeinflussenden wechseln zu können.

Des weiteren kann Flüchtigkeit von Vorteil sein, wenn „... durch die Kontrolle der Darbietungsgeschwindigkeit und der Zeitzuteilung für die Information ... dem Lernenden eine Strukturierung des Stoffes vorgegeben ...“ (Paechter 1996, S.63) wird.

Ein weiteres Argument für eine flüchtige Darstellung betrifft den Aspekt der Dynamik und damit der Realitätsnähe. Die klassischen flüchtigen Vertreter sind Sprache und Bewegtbilder. So kann z.B. durch Bewegtbilder ein Vorgang, eine Bewegung besser dargestellt werden, als dies mit Standbildern möglich wäre. Sprache kann als wesentlicher Bestandteil von Sprachunterricht betrachtet werden, wodurch dem Lernenden die richtige Aussprache, die richtige Betonung, der richtige Sprachklang etc. vermittelt werden kann, was mit dem stabilen Repräsentanten Text nicht möglich wäre.

Zusammenfassend lassen sich die Eigenschaften der einzelnen Codierungen durch Tabelle 7 darstellen:

Tabelle 7: Eigenschaften unterschiedlicher Codierungen.

Codierungen				
Text	Sprache	Standbild	Bewegtbild	Sound
stabil	flüchtig	stabil	flüchtig	flüchtig
visuell	auditiv	visuell	visuell	auditiv
verbal	verbal	non-verbal	non-verbal	non-verbal

3.3 Studien zur multimedialen Repräsentation

In diesem Kapitel werden zwei Studien vorgestellt, die den Einfluß mehrerer Codierungen auf den Wissenserwerb untersuchten. In der Studie von Buck werden die Codierungen *Text*, *Sprache* und *Standbild* zur Wissensvermittlung herangezogen, die hier eine zentrale Rolle spielen (Buck 1993, S.82-87). Die Studie von Paechter untersuchte den

Einfluß der Codierungen *Text* und *Sprache* bezüglich der Vermittlung von Konzepten und Prozeduren, womit sie auf der bereits vorgestellten Component-Display-Theorie¹⁹ basiert (Paechter 1996, S.98-140).

3.3.1 Die Studie von Buck

In der Studie von S. Buck werden die Codierungen *Text*, *Sprache* und *Standbild* in ein CAL-System integriert und durch die Betrachtung unterschiedlicher Kombinationen dieser Codierungen die Wirkung auf die Behaltensleistung analysiert.

Im Kontext dieser Arbeit sind die Ausführungen von Buck hier von großem Interesse. Es wird deshalb von ihr ein Experiment vorgestellt, welches ergänzend zu dem in Kapitel 5 durchgeführten Versuch zu sehen ist. Es wird das Argument aufgegriffen, daß es bei Kombination von *Text* bzw. *Sprache* mit *Standbildern* zu höheren Lerneffekten kommt.

Dieses Experiment basiert auf der Überlegung, ob es zu besseren Behaltensleistungen kommt, wenn das Wissen neben *Text* bzw. *Sprache* zusätzlich durch die Codierung *Standbild* durch ein CAL-System repräsentiert wird.

3.3.1.1 Hypothese

Informationen in *Text* bzw. *Sprache* mit *Standbildinformation* führen zu besseren Behaltensleistungen als Informationen in *Text* bzw. *Sprache* ohne zusätzliche *Standbildinformation*.

3.3.1.2 Die Untersuchung

An diesem Experiment nahmen 43 Personen teil, die zwischen 20 und 39 Jahren alt waren. Dabei gab es vier verschiedene Versuchsbedingungen, die die Probanden bearbeiten mußten:

- Text ohne Standbild
- Sprache ohne Standbild
- Text mit Standbild
- Sprache mit Standbild

19.Vgl. Kapitel 2.2.

3.3.1.3 Ergebnisse

Aus der Auswertung der Antworten der Versuchsbedingungen ergaben sich die in Tabelle 8 aufgezeigten Behaltensleistungen.

Tabelle 8: Prozentsätze der richtig erinnerten Information für die vier Versuchsbedingungen.

Bedingung	Standbild	mit Standbild	ohne Standbild
Sprache		66,42	59,72
Text		66,61	75,00

Die durchgeführte Varianzanalyse ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den jeweiligen Werten. Somit muß hier die Hypothese verworfen werden, daß Informationen in *Text* bzw. *Sprache* mit zusätzlicher *Standbildinformation* besser behalten werden als Informationen in *Text* bzw. *Sprache* ohne *Standbildinformation*.

3.3.1.4 Bewertung der Ergebnisse

Wie oben bereits ausgeführt, ergeben sich aus der statistischen Analyse keine signifikanten Unterschiede, womit die Hypothesen verworfen werden mußten. Doch stellt sich die Frage, ob nicht doch Aussagen formulierbar sind, mit denen die Ergebnisse bewertet werden können. Aus diesem Grund sollen die Ergebnisse einmal graphisch dargestellt werden.

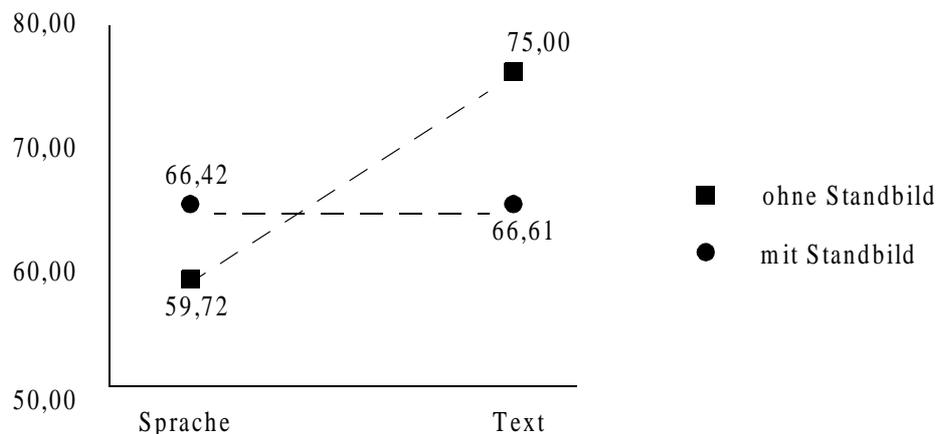


Abbildung 7: Prozentsätze richtig erinnelter Informationen für die vier Versuchsbedingungen (Quelle: Buck 1993, S. 85).

Durch den scherenförmigen Verlauf der Kurven kann auf eine Interaktion zwischen den einzelnen Versuchsbedingungen geschlossen werden. Dabei wird lediglich einer *Treatmentwirkung*²⁰ nachgegangen, die aus einer gewissen Tendenz der Faktoren resultiert und was im folgenden versucht wird zu erklären.

Zwischen den Versuchsbedingungen *Sprache mit Standbild* und *Text mit Standbild* konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden, womit sich die fast waagrechte Linie in Abbildung 7 erklärt. Im folgenden sollen Erklärungen für das Verhältnis der Bedingungen mit und ohne *Standbild* gefunden werden, die nach der Abbildung 7 Unterschiede aufweisen.

Betrachten wir die Codierung *Sprache*, so kommt es hier durch die zusätzliche *Standbildinformation* zu besseren Behaltensleistungen, als wenn lediglich die Codierung *Sprache* zur Informationsdarbietung verwandt wird. Dagegen verhält es sich bei der Codierung *Text* genau entgegengesetzt. Dort kommt es durch die zusätzliche *Standbildinformation* zu einer Verschlechterung der Behaltensleistung, als wenn die Codierung *Text* zur Informationsdarbietung verwandt wird.

Somit kann die Vermutung geäußert werden, daß bei der dual-codalen Repräsentation *Text mit Standbild*, auf der einen Seite die Textinformation aufgenommen wird, dagegen die *Standbildinformation* negiert wird. Die Negation der *Standbildinformation* muß als eine Verminderung der Behaltensleistung aufgefaßt werden, weshalb es bei der dual-codalen Repräsentation *Text mit Standbild* zu schlechteren Behaltensleistungen kommen muß, als bei der mono-codalen Repräsentation *Text*. Dies wird durch die hier ermittelten Ergebnisse bestätigt.

Dieses Resultat kann damit erklärt werden, daß bei der dual-codalen Repräsentation *Sprache mit Standbild* sowohl unser auditives als auch unser visuelles System angesprochen werden, wogegen bei der dual-codalen Repräsentation *Text mit Standbild* lediglich das visuelle System angesprochen wird. Aus den Ergebnissen kann gefolgert werden, daß das Ansprechen verschiedener Systeme, z.B. *Sprache mit Standbild*, sich positiv auf die Behaltensleistung auswirkt. Dagegen das Ansprechen von nur einem System, z.B. *Text mit Standbild*, negativ zu werten ist.

So liegt also die Forderung nahe, daß das Ansprechen des gleichen Sinnesorgans zu vermeiden ist, was auch unter dem Aspekt der kognitiven Überlastung zu sehen ist. Dagegen sollte die Möglichkeit verschiedene Sinneseingangskanäle anzusprechen genutzt werden.

20. Wirkung der einzelnen Faktoren.

3.3.1.5 Zusammenfassung

Zusammenfassend für die Untersuchungen bedeutet, daß eine dual-codale Repräsentation *Sprache mit Standbild* zu begünstigen ist. Soll jedoch die Codierung *Text* zur Informationsvermittlung herangezogen werden, so wäre eine zusätzliche Codierung nach diesen Ergebnissen generell zu vermeiden.

Letzteres Ergebnis läßt Zweifel an der Richtigkeit aufkommen, da intuitiv angenommen wird, daß eine dual-codale Repräsentation zu besseren Behaltensleistungen führt, als einzig eine mono-codale Repräsentation.

Leider existieren im vorliegenden Experiment für die aufgestellten Hypothesen keine signifikanten Unterschiede. Jedoch durch die Betrachtung der *Treatmentwirkung* konnten Folgerungen geführt werden, die die Vermutung nahe legen, daß durch eine *differenziertere Betrachtungsweise* bezüglich des zu vermittelnden Wissens signifikante Unterschiede entstehen könnten. Aus diesem Grund wäre also eine solche *differenziertere Betrachtungsweise* wünschenswert. Diesen Anspruch wird die nachfolgende Studie von Paechter und das in dieser Arbeit durchgeführte Experiment²¹ gerecht. Beide Experimente basieren auf der Kategorisierung der Lehrinhalte aus der Component-Display-Theorie.

3.3.2 Die Studie von Paechter

In dieser Studie geht es um den Einfluß von *Sprache, Text* bzw. einer dual-codalen Repräsentation dieser beiden Codierungen in CAL-Systemen auf den Wissenserwerb. Dieses Experiment basiert auf der Component-Display-Theorie, woraus die Lehrinhalte Konzepte und Prozeduren als das zu vermittelnde Wissen herangezogen wurden. Es sollten positive Lernwirkungen aufgezeigt werden, die für die Lehrinhalte Konzepte bzw. Prozeduren aus einer bestimmten dual-codalen Darstellung resultierten.

Deshalb wurden in der Untersuchung von Paechter nachfolgende Hypothesen aufgestellt:

3.3.2.1 Hypothesen

Hypothese für das Erlernen von Konzepten

Beim Erlernen von Konzepten wird durch die dual-codale Repräsentation *Text mit Sprache* ein höherer Behaltenseffekt erzielt, als durch eine der beiden mono-codalen Repräsentationen *Text* bzw. *Sprache*.

21. Vgl. Kapitel 5.

Hypothese für das Erlernen von Prozeduren

Beim Erlernen von Prozeduren wird durch die dual-codale Repräsentation *Text mit Sprache* ein höherer Behaltenseffekt erzielt, als durch eine der beiden mono-codalen Repräsentationen *Text* bzw. *Sprache*.

3.3.2.2 Die Untersuchung

Die Untersuchung wurde insgesamt mit 73 Probanden durchgeführt. Davon gab es in der dual-codalen Bedingung 24 Probanden, in der mono-codalen *Sprache*-Bedingung ebenfalls 24 Probanden und die restlichen 25 Probanden fanden sich in der mono-codalen *Text*-Bedingung wieder.

Wie bereits aus den Hypothesen zu lesen ist, unterschied Paechter unter anderem das Erlernen von Konzepten und das Erlernen von Prozeduren. Die jeweiligen Bedingungen wurden durch ein CAL-System repräsentiert, die die Probanden bearbeiten mußten. Darüberhinaus wurde durch einen Vortest das vorhandene Vorwissen der Probanden ermittelt und in die Analyse mit einbezogen.

3.3.2.3 Ergebnisse

Die Hypothese für das Erlernen von Konzepten als auch für das Erlernen von Prozeduren mußte verworfen werden. D.h., daß kein signifikanter Unterschied im Lernergebnis zwischen der *Text*-Bedingung, der *Sprache*-Bedingung und der dual-codalen Bedingung für beide Lehrinhalte festgestellt wurde. Auch durch die Einbeziehung des Vorwissens in die Analyse konnte kein Unterschied nachgewiesen werden.

Diese Ergebnisse sollen nochmals in Tabelle 9 durch das arithmetische Mittel der erreichten Lehrziele zusammengefaßt werden.

Tabelle 9: Effektivität der einzelnen Bedingungen.

	Dual-codale Bedingung	Sprache	Text	Signifikanz
Erlernen von Konzepten	13,80	11,20	11,50	Nein
Erlernen von Prozeduren	16,46	15,04	15,12	Nein

3.3.2.4 Bewertung der Ergebnisse

Die Resultate von Paechter liefern das Argument, daß Lehrinhalte wie Konzepte und Prozeduren, aber auch Fakten und Prinzipien nicht nur durch verbale Codierungsarten repräsentiert werden sollen. Der Ansatz einer reinen verbalen Repräsentation in Form einer mono- bzw. dual-codalen Repräsentation muß auf dem ersten Blick verworfen werden. Hier wird der bereits in Kap. 3.2 erwähnte Anspruch suggeriert, nicht zwischen visuell/auditiv zu unterscheiden, sondern nach einer Alternative zu suchen, die zu besseren Ergebnissen, also zu einer Lernsteigerung führen könnte.

3.3.2.5 Zusammenfassung

Durch die Klassifikation der Lehrinhalte nach der Component-Display-Theorie entgegenete Paechter zwar der in Kapitel 3.3.1.5 geführten Kritik²², jedoch durch die Betrachtung von nur zwei Codierungen konnte das Potential von anderen Codierungen bezüglich der Wissensvermittlung nicht eingesetzt werden. Beispielsweise können *Standbilder* Informationen besitzen, die durch *Text* bzw. *Sprache* nur sehr schwer zu vermitteln sind und durch die Einbeziehung dieser Codierung in die Betrachtung könnte es zu dem erwünschten Unterschied kommen.

Ein weiterer wichtiger Kritikpunkt ist hier, daß die Codierungen *Text* und *Sprache* zwar das auditive und das visuelle System unseres Gehirns ansprechen, jedoch beide verbaler Natur sind. Die Frage jedoch, inwieweit die Lernleistung in Anlehnung an Kapitel 3.2 davon abhängt, entweder das visuelle und das auditive System oder das verbale und das non-verbale System anzusprechen, kann an dieser Stelle noch nicht beantwortet werden.

Die beiden vorgestellten Untersuchungen erbrachten keine nennenswerten Ergebnisse. Jedoch resultierte aus der Studie von Buck die Frage nach einer *differenzierteren Betrachtungsweise*, die dann in der Studie von Paechter durch die Differenzierung des Wissens nach Lehrinhalten aufgegriffen wurde. Aus den fehlenden Signifikanzwerten zwischen den Versuchsbedingungen kam wiederum die Forderung nach einer weiteren Differenzierung auf. Da Buck lediglich verbale Codierungen in ihre Untersuchung mit einbezog, könnte eine *differenziertere Betrachtung* durch Einbeziehen von non-verbalen Codierungen geschehen.

22. Dort wurden die zu vermittelnden Informationen nicht weiter differenziert, weshalb keine signifikanten Unterschiede zwischen den Codierungskombinationen zu verzeichnen waren.

Die Forderung, verbale und non-verbale Codierungen gleichzeitig einzusetzen, entspricht den Ansichten der meisten Kognitionspsychologen, was im folgenden Kapitel ausführlich diskutiert wird.

Zu Beginn wird kurz das Wesen der sogenannten Multimedia-Pyramiden erläutert. Des Weiteren werden Erkenntnisse aus der Gehirnforschung aufgezeigt und die darauf basierende Hemisphären-Spezialisierung erörtert. Anschließend werden zwei mentale Modelle vorgestellt, die auf der Vermutung basieren, daß unser Gehirn ein verbales und ein non-verbales System besitzt und durch Ansprechen beider Systeme eine positive Lernleistung erreicht werden kann.

4. Mentale Modelle und die Idee der Lernsteigerung

In der Kognitionspsychologie werden mentale Modelle benötigt, um die komplexe Funktionsweise unseres Gehirns in ein für uns einfaches und nachvollziehbares Gedankenmodell zu übertragen, womit wir versuchen, Verhalten und Aktivitäten unseres Gehirns zu erklären. Dabei kann ein Modell weder bewiesen und folglich auch nicht für allgemeingültig erklärt werden. Statt dessen zeichnet sich ein gutes Modell dadurch aus, daß durch zahlreiche Studien dieses empirisch belegt wurde. Dabei wird immer wieder die Forderung laut, daß nicht ein einzelnes Modell, sondern mehrere Modelle nebeneinander funktionieren können. Dies erklärt sich aus der Tatsache, daß verschiedene Modelle oftmals aufgrund von unterschiedlichen Annahmen entwickelt werden, die sich jedoch keinesfalls widersprechen müssen. Somit wird die Möglichkeit gegeben, verschiedene Phänomene unseres Gehirns mit den geeigneten Modellen zu erklären.

In diesem Kapitel werden zwei mentale Modelle vorgestellt, die sich hauptsächlich in der Komplexität ihrer Annahmen unterscheiden: Die Dual-Code-Theorie von Paivio und die multimodale Theorie von Engelkamp. Beiden Theorien ist gemeinsam, daß sie eine Grundlage bieten, auf der sich eine auf der Kombination von verschiedenen Codierungen basierende Diskussion als lohnend herausstellt. Es sei darauf hingewiesen, daß der Schwerpunkt der nachfolgenden Ausführungen sich weniger auf die wirklichen Unterschiede dieser beiden Modelle konzentriert, sondern vielmehr fundierte Grundlagen zur Bewertung von verschiedenen Codierungskombinationen aufzeichnen soll.

Bevor die beiden Modelle vorgestellt werden, soll einleitend auf die sogenannten *Multimedia-Pyramiden* eingegangen werden, die als Grund für die Werbewirksamkeit von

Multimedia anzusehen ist und anschließend wird auf die Theorie der Hemisphären-Spezialisierung eingegangen.

4.1 Multimedia-Pyramiden

Die sogenannten *Multimedia-Pyramiden* verkünden publikumswirksam, daß durch die Kombination verschiedener Codierungen die Behaltensleistung der Lernenden in einem erheblichem Maße gesteigert werden können. Diese Multimedia-Pyramiden sind allgegenwärtig und werden in wissenschaftlichen Beiträgen erwähnt, so daß sie schon durch die schlichte Wiederholung zu einer gewissen Glaubwürdigkeit gelangten (Hasebrook 1995, S.50). Eine wissenschaftliche Quelle wird man jedoch vergebens suchen.

Die vielleicht älteste, aber auch einprägsamste Multimedia-Pyramide ist der Erfahrungskegel von Edgar Dale²³ aus dem Jahre 1946 (Dale 1946). Dale behauptet, daß die Behaltensquote bei Lesen lediglich 10 Prozent beträgt, da es hier nur um eine symbolische Erfahrung geht, dagegen Bilder bereits eine analoge Erfahrung darstellen und deshalb die Behaltensquote bereits bei 30 Prozent anzusiedeln ist. Dem direkten Umgang mit den Dingen kommt jedoch nach Dale die höchste Behaltensquote von 90 Prozent zu.

Die meisten populären Multimedia-Pyramiden basieren auf der sogenannten naiven Summierungstheorie (Ballstaedt 1990). So wird die Ansicht vertreten, daß aus einer Kombination von Sehen und Hören eine Behaltensleistung resultiert, die sich durch ein einfaches Summieren der jeweiligen Behaltensquoten ergibt. So wird z.B. die Behaltensleistung von Hören auf 20 Prozent und die Behaltensleistung von Sehen auf 30 Prozent beziffert. Demzufolge wird sich aus der Kombination von Sehen und Hören ein Behaltenswert von 50 Prozent ergeben. Die Richtigkeit dieser Behauptung ist in Frage zu stellen.

Kommen wir nocheinmal auf den Erfahrungskegel von Dale zurück, so wird hierdurch wohl das erstmal im wissenschaftlichen Diskurs die Grundannahme erwähnt, daß es bei Kombination verschiedener Codierungen zu einer Steigerung der Lernleistung kommen wird und Letzteres Intuition für viele Studien war.

Allgemein läßt sich an den Multimedia-Pyramiden kritisieren, daß die Differenzierung nach Modalitäten und Codierungen aus Kapitel 2.1 hier unbeachtet bleibt. So sind Sehen und Hören modalitätsspezifisch, wogegen Lesen und Sprechen codespezifische Tätigkeiten sind und somit in Anlehnung an das bereits genannte Kapitel kein exakter wissenschaftlicher Vergleich möglich ist.

23.Vgl. Abbildung 8.

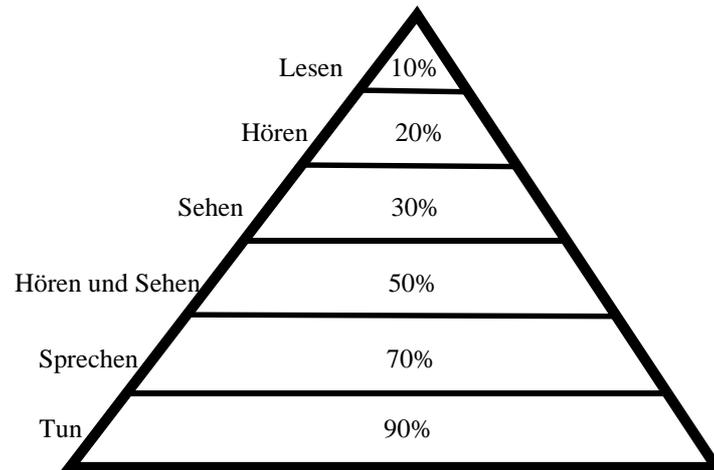


Abbildung 8: Lern- und Behaltensleistungen nach einer Multimedia-Pyramide.

Die naive Summierungs-Theorie stellt kein mentales Modell dar, sondern wird eher einer Art *Black-Box* gerecht, die keine Erklärungen für die interne Verarbeitung von Information zulässt. Es gibt zwei Theorien, die gerne argumentativ für die naive Summierungs-theorie angeführt werden, um eine multimodale und multicodale Repräsentation von Inhalten zu rechtfertigen. Es handelt sich um die Theorie der Hemisphären-Spezialisierung und die Dual-Code-Theorie von Paivio (Weidenmann 1995, S.5).

4.2 Der Kortex und die Theorie der Hemisphären-Spezialisierung

Seit Menschengedenken versuchen Wissenschaftler die Funktionsweise unseres Gehirns zu erforschen, zu analysieren und zu erklären, um somit u.a. Gehirnaktivitäten gezielt beeinflussen zu können. Aus diesen Aktivitäten sollen im folgenden einige Errungenschaften skizziert werden, da gerade in dieser Arbeit Erkenntnisse über das Funktionieren unseres Gehirns von großer Bedeutung sind.

Jedoch soll zuvor auf den Aufbau unseres Gehirns mit seinen inhärenten Eigenschaften eingegangen werden.

Unser Gehirn besteht aus verschiedenen Gehirnregionen, die für bestimmte Aufgaben verantwortlich sind. So ist der hintere Teil des Frontallappens mit motorischen Funktionen vertraut; der vordere Teil - auch präfrontaler Kortex - an höheren Prozessen beteiligt, wie z.B. Planungsprozesse; der Occipitallappen ist für die visuelle Verarbeitung zuständig; der Parietallappen ist mit sensorischen, räumlichen Funktionen belegt und der Temporallappen für auditive Komponenten, aber auch für die Objekterkennung zuständig.

4.2.1 Der Kortex und die Verarbeitung verbaler und bildhafter Informationen

Überaus interessante Ergebnisse ergaben Forschungen von Roland und Friberg, die den Unterschied verbaler und bildhafter Repräsentationen untersuchten (Roland & Friberg 1995, S.1219-1243).

Auf der Annahme basierend, daß Gehirnregionen, die während einer bestimmten Tätigkeit besonders stark durchblutet werden, auch in besonderem Maße beteiligt sind, sollte ein Experiment herausfinden, welche Gehirnregionen bei einer verbalen und welche bei einer bildhaften Aufgabe aktiviert werden. Dabei sollten die Probanden entweder in Gedanken einen Merkvers aufsagen oder gedanklich sich den Weg vorstellen, der zu ihrem eigenen Haus führt.

Roland und Friberg bestimmten Veränderungen der Blutzufuhr in unterschiedlichen Regionen des Kortex. Abbildung 9 zeigt, welche Regionen des Kortex bei der verbalen Aufgabe und welche bei der visuellen Aufgabe angesprochen wurden.

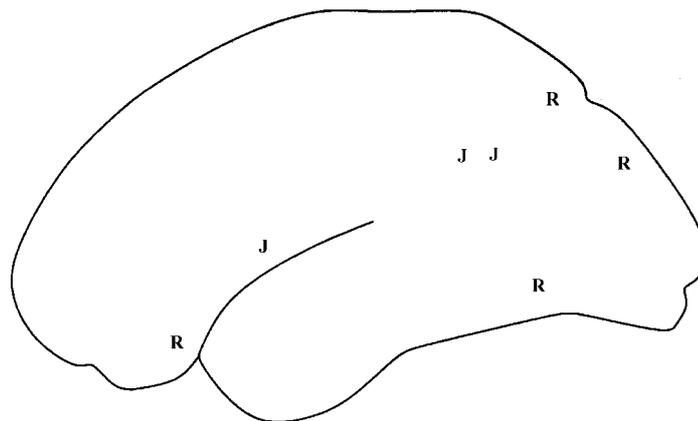


Abbildung 9: Die Gehirnregionen, die mit einem J gekennzeichnet sind, signalisieren die erhöhte Blutzufuhr bei der verbalen Aufgabe, die mit einem R gekennzeichnet sind, signalisieren die erhöhte Blutzufuhr bei der visuellen Aufgabe (Quelle: Anderson 1996, S. 106).

Es wird also deutlich, daß verschiedene Regionen des Kortex für die Verarbeitung verbaler bzw. bildhafter Informationen verantwortlich sind. „Es scheint sogar so zu sein, daß diese Hirnregionen noch stärker in die Verarbeitung von aktuell Gesprochenem und Gesehenem ... involviert sind“ (Anderson 1996, S.106).

In der Einleitung zu diesem Abschnitt wurde der Occipitallappen für die visuelle Verarbeitung und der Temporallappen unter anderem für die Objekterkennung identifiziert. Diese

beiden Gehirnregionen wurde in der Untersuchung von Roland und Friberg durch die bildhafte Aufgabe bestätigt. Auf der anderen Seite wurde einleitend das Broca-Zentrum für die Sprachverarbeitung identifiziert. Diese Region konnte durch die Sprachverarbeitungsaufgabe des Experimentes bestätigt werden.

Demnach werden also verbale und bildhafte Informationen in unterschiedlichen Hirnarealen und auf unterschiedliche Art und Weise verarbeitet (Anderson 1996, S.107). Dies legt nahe, die verschiedenen identifizierten Hirnareale explizit anzusprechen, wie es Paivio in seiner Dual-Code-Theorie auch vorschlägt, worauf in Kapitel 4.3 noch genauer eingegangen wird. Doch zuvor soll die durchaus wichtige Theorie der Hemisphären-Spezialisierung erörtert werden.

4.2.2 Die Theorie der Hemisphären-Spezialisierung

Die Theorie der Hemisphären-Spezialisierung basiert auf den oben aufgeführten hirnpyschologischen Befunden. Durch diese Befunde konnten bestimmte, kognitionspsychologisch wichtige Gehirnregionen lokalisiert werden.

Als Grundlage für die Hemisphären-Spezialisierung kann die *Split-brain-Forschung* angesehen werden. Diese Forschungsrichtung untersucht die sogenannten Split-brain-Patienten, deren Nervenfasern, welche die beiden Hirnhälften miteinander verbindet, aus medizinischen Gründen durchtrennt und somit Untersuchungen möglich wurden, die klare Funktionen für die linke bzw. rechte Hemisphäre identifizierten. So ist die linke Hemisphäre primär für die Verarbeitung von Sprache zuständig, was dadurch gezeigt werden konnte, daß die linke Hemisphäre die volle Verstehenskapazität von Sprache beinhaltet, wogegen die rechte Hemisphäre nur ganz einfache sprachliche Anweisungen versteht. Wurden jedoch Untersuchungen manueller Natur durchgeführt, so übertraf die rechte Hemisphäre die linke (Anderson 1996, S.26). In der linken Hemisphäre konnte das Broca-Zentrum und das Wernicke-Zentrum als die Region lokalisiert werden, die primär für das Sprechen verantwortlich ist.

4.2.3 Zusammenfassung

Die Betrachtungen des Kortex und der Hemisphären-Spezialisierung zeigten deutlich, daß die bei der Wissensvermittlung aktivierten Gehirnregionen von der Art des zu vermittelnden Wissens abhängen, was die Dual-Code-Theorie von Paivio und die multimodale

Gedächtnis-Theorie von Engelkamp zur Grundlage ihrer Theorien machten.

Aus diesem Grund soll die Dual-Code-Theorie von Paivio, die demnach also auf hirnpfysiologischen Befunden beruht, im folgenden skizziert werden. Im darauffolgenden Abschnitt wird dann die multimodale Gedächtnis-Theorie von Engelkamp dargestellt, die ebenfalls auf hirnpfysiologischen Befunden basiert, jedoch teilweise als Kritik an Paivios Theorie zu sehen ist.

4.3 Die Dual-Code-Theorie von Paivio

Bei der Dual-Code-Theorie von Paivio (Paivio 1986, S.53-83) handelt es sich um ein häufig zitiertes Gedächtnismodell der Kognitionspsychologie. Dies mag daran liegen, daß das Modell von Paivio anschaulich illustriert, wie der positive Lerneffekt bei einer gleichzeitigen Repräsentation von beispielsweise Bild und Text zu erklären ist.²⁴

Die Idee der Dual-Code-Theorie besteht darin, daß es in unserem Großhirn zwei unterschiedlich spezialisierte mentale Systeme gibt: das verbale System, welches für die Verarbeitung und Speicherung linguistischer Informationen zuständig ist und ein non-verbales oder imaginales System, das für den Umgang mit Bildern, einschließlich bildhafter Vorstellungen verantwortlich ist²⁵. Das verbale wird auch sprachliches System genannt und das non-verbale stellt das bildliche System dar, womit jedoch die Verarbeitung und Speicherung von z.B. Sound nicht ausgeschlossen wird.

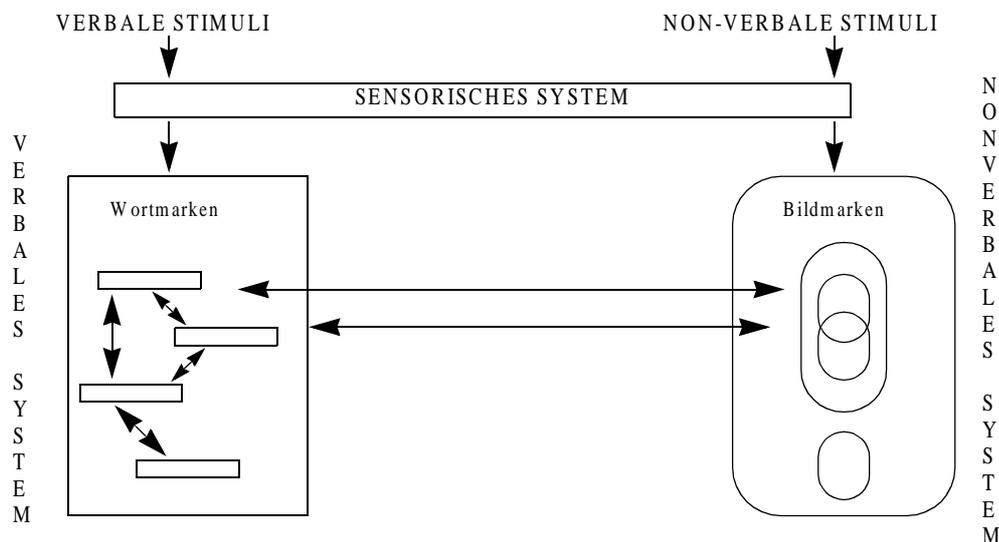


Abbildung 10: Schema der Dual-Code-Theorie von Paivio (Quelle: Paivio 1986, S.67).

24. Dies wird in der Literatur als „picture superiority effect“ bezeichnet.

25. Vgl. auch Kap. 4.2.

Im folgenden soll das Modell von Paivio genauer erklärt werden:

Ein Individuum kann durch sogenannte *Stimuli* Reize seiner Umwelt wahrnehmen. Diese Reize können von verbaler oder non-verbaler Natur sein, was Paivio in seinem Modell unterscheidet. Wie bereits in Kapitel 3.2.1 gehören zu den verbalen Codierungen Text und Sprache und zu den non-verbalen Codierungen Standbild, Bewegtbild und Sound. Da Codierungen von unseren Sinnesorganen aufgenommen werden können, sind sie gleichbedeutend mit dem Begriff *Stimuli*. Also finden verbale bzw. non-verbale *Stimuli* mit Hilfe unserer Sinneseingangskanälen durch das sensorische System Zugang zu unserem Gehirn. Dort werden nach der Theorie Abbildungen abgelegt, die als Wortmarken und Bildmarken bezeichnet werden. Dabei beinhaltet das verbale System die Wortmarken und das non-verbale System die Bildmarken.

Die Kernaussage dieser, aber auch vieler darauffolgender Theorien, ist ein resultierender Gedächtnisvorteil, wenn Informationen gleichzeitig sowohl verbal, als auch non-verbal repräsentiert werden. Dies erklärt Paivio damit, daß beide Systeme zwar unabhängig voneinander arbeiten, aber zwischen dem verbalen und dem non-verbalen System Verbindungen existieren, die gegebenenfalls aktiviert werden und es zu einer zweifachen, kognitiven Repräsentation kommt - also zu einer dualen Codierung. So wird z.B. der sogenannte Bildüberlegenheitseffekt dadurch erklärt, daß bei Abbildungen von bestimmten Objekten automatisch die entsprechende Bezeichnung bzw. Wortmarke aktiviert wird und es somit zu einer Verknüpfung der beiden Systeme kommt. Damit würden in beiden Systemen gleichzeitig eine Aktivierung stattgefunden haben, womit das Objekt in zwei Systemen präsent wäre. Nach der Theorie wird aber gerade durch diese doppelte Präsenz eine höhere Behaltenleistung bzw. Lerneffekt resultieren.

Die Theorie von Paivio wurde immer wieder zur Rechtfertigung einer gleichzeitig verbalen und non-verbalen Repräsentation von Information herangezogen. Demnach ergeben sich für die verschiedenen Codierungen eindeutige Verhaltensvorschriften bezüglich einer dual-codalen Repräsentation für Designer von CAL-Systemen, wie Abbildung 11 suggerieren soll.

Die Dual-Code-Theorie von Paivio wurde in erster Linie konzipiert, um den Bildüberlegenheitseffekt zu erklären. Kritik an der Dual-Code-Theorie üben viele Autoren daran, daß die Theorie zuwenig Möglichkeiten bietet, um auch andere Phänomene zu erklären, wie z.B. einen positiven Lerneffekt beim Lesen eines Textes mit gleichzeitiger Repräsentation einer vorlesenden Stimme. Auch die automatische Aktivierung von Wortmarken

wird stark bestritten, was im nächsten Abschnitt noch genauer begründet wird. Des weiteren scheint die Vorstellung von Verbindungen zwischen dem verbalen und dem non-verbalen System nicht auszureichen, um wirklich den Gedächtnisvorteil beliebiger verbaler/non-verbaler Kombinationen, wie in Abbildung 11 dargestellt wurde, zu erklären.

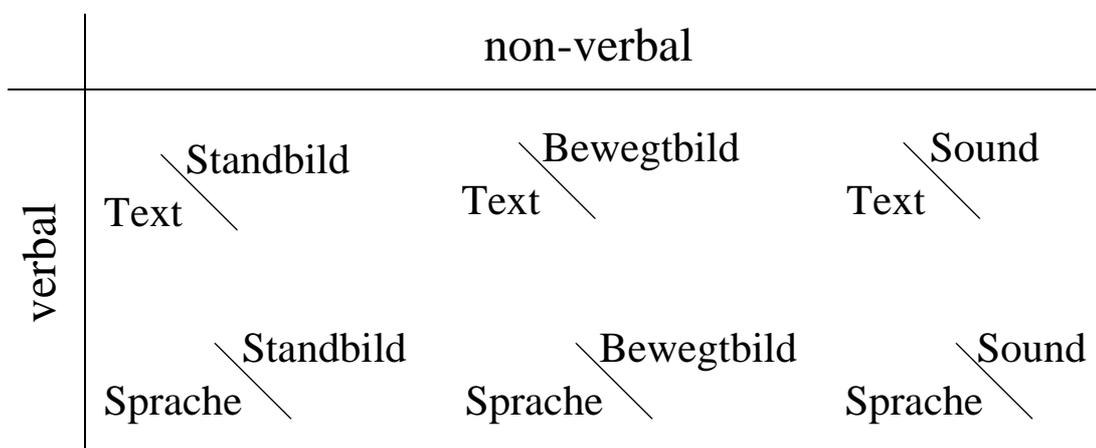


Abbildung 11: Mögliche Kombinationen mit Lernsteigerungen.

Engelkamp kritisierte die fehlende Mehr-Speicher-Konzeption in Paivios Theorie, die sowohl die Verarbeitung, als auch die Speicherung von Wissen in dem verbalen bzw. non-verbalen System postuliert (Engelkamp 1990, S.8). Eine solche Konzeption könnte beispielsweise den Einfluß bei Aktivierung von Vorwissen erklären. Von Engelkamp wird auch der fehlende Ansatz bezüglich der Verarbeitungstiefe kritisiert. Dadurch wird es z.B. möglich, die Auswirkungen unterschiedlicher Lernintensitäten beim Wissenserwerb zu analysieren und diesbezüglich über die Möglichkeit einer differenzierteren Betrachtung zu verfügen.

Könnte beispielsweise die Mehr-Speicher-Konzeption, als auch der Ansatz bezüglich Verarbeitungstiefe in einem mentalen Modell integriert werden, so würde obige Tabelle praktikablere Ergebnisse liefern und damit erheblich an Aussagekraft gewinnen.

In seiner multimodalen Gedächtnistheorie versucht Engelkamp, einen solchen Anspruch gerecht zu werden. Aus diesem Grund soll im folgenden die Gedächtnistheorie von Engelkamp vorgestellt werden, der dadurch auf verschiedenen Ebenen Lerneffekte viel differenzierter zu erklären versucht.

4.4 Die multimodale Theorie von Engelkamp

In Kapitel 4.2 wurden bereits verschiedene spezifische Bereiche unseres Gehirn erläutert, die auf die Verarbeitung sinnesspezifischer und motorischer Informationen spezialisiert sind. Aus diesen Erkenntnissen heraus entwickelte Engelkamp die erste Grundannahme für seine multimodale Theorie.

Engelkamp nimmt an, daß es Teilsysteme des Gedächtnisses gibt, die für die Verarbeitung und Speicherung sinnesspezifischer Informationen, und andere, die für die Verarbeitung und Speicherung motorischer Informationen, sowie solche, die für die Verarbeitung verbaler bzw. non-verbaler Informationen zuständig sind. Die Dimensionen verbal und non-verbal ist orthogonal zu den anderen Dimensionen zu sehen. Durch diese Grundannahme können die Codierungen Text, Bild und Sprache den postulierten Teilsystemen zugeordnet werden, wie es in Tabelle 10 dargestellt wird.

Tabelle 10: Struktur der postulierten Teilsysteme (Quelle: Engelkamp 1990, S.9).

	verbal	non-verbal
sensorisch		
visuell	<i>Text</i>	<i>Standbild, Bewegtbild</i>
akustisch	<i>Sprache</i>	<i>Sound</i>
olfaktorisch		
...		
motorisch		

Die nach der Tabelle entstehenden Kombination, wie z.B. visuell-verbal, motorisch-non-verbal oder akustisch-verbal werden als modalitätsspezifisch bezeichnet. Dabei werden die modalitätsspezifischen Komponenten mit dem Wahrnehmen von Informationen durch unsere Sinnesorgane gleichgesetzt. Zwar wird hierdurch eine multimodale Betrachtung suggeriert, die sich jedoch nur auf die Begrifflichkeit beschränkt und deshalb gleichsam eine multicodale Analyse ohne Probleme ermöglicht. Es soll in diesem Abschnitt die von Engelkamp benutzte Bezeichnung weiter verwandt werden, da sie die Möglichkeit einer Abgrenzung von einem modalitätsunspezifischen, semantisch-begrifflichen System liefert und diese Abgrenzung eine essentielle Stütze der Theorie ist.

Diese Differenzierung besagt zusätzlich zur Annahme, daß sich in unserem Gehirn verschiedene Teilsysteme auf die Verarbeitung verschiedener Informationen spezialisiert haben, auch, daß die Informationsverarbeitung und -speicherung in den jeweiligen

Teilsystemen partiell unabhängig geschieht. Engelkamp begründet diese Unterteilung damit, daß unsere sensorischen bzw. motorischen Erfahrungen weitreichender sind, als wir es begrifflich zu erfassen vermögen. Zwar kann begriffliches Wissen sensumotorische Erfahrung interpretieren, aber nicht abbilden. Die sensorischen bzw. motorischen Erfahrungen siedelt Engelkamp deshalb separat in einem sogenannten sensumotorischen System an. Dagegen befindet sich das modalitätsunspezifische bzw. semantisch-begriffliche Wissen in einem sogenannten konzeptuellen System.

Einen Überblick über die grundlegende Rahmenvorstellung der einzelnen Teilsystem soll die Abbildung 12 geben.

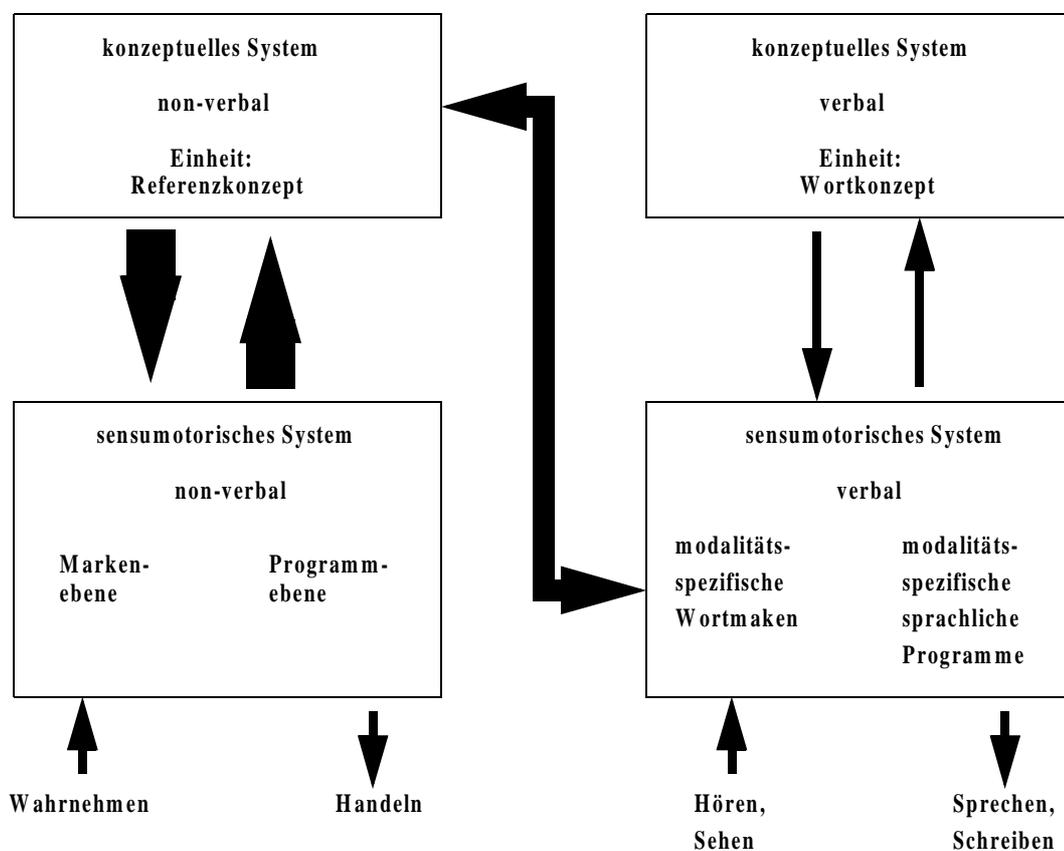


Abbildung 12: Schema der multimodalen Gedächtnistheorie (Quelle: Engelkamp 1990, S.62).

Die Pfeile in der Abbildung 12 repräsentieren die weitere wichtige Annahme, daß es ein Zueinander von modalitätsspezifischer und modalitätsunspezifischer konzeptueller Verarbeitung gibt, was bedeutet, daß das konzeptuelle System mit Informationen arbeitet, die partiell aus dem sensumotorischen System stammen. Dies ist ein grundlegender Unter-

schied zu der Theorie von Paivio, der diese Unterteilung kritisiert. Die Bedeutung der einzelnen Pfeile wird weiter unten noch erklärt.

Eine dritte Annahme besagt, daß sowohl das konzeptuelle, als auch das modalitätsspezifische System zur Aktivierung von Wissen beiträgt. Zwar wird primär das konzeptuelle Wissen zur Aktivierung von Wissen herangezogen, jedoch ist das modalitätsspezifische System nicht weniger bedeutsam, wie wir ebenfalls noch sehen werden.

Da in beiden Systemen die verschiedenen Informationen verarbeitet werden, können sie relativ unabhängig beim Generieren von Wissen genutzt werden. Wenn Wissen in verschiedenen Systemen repräsentiert wird, wird die Möglichkeit des Erinnerns wahrscheinlicher oder „... daß um so besser behalten wird, je *tiefer* Reize verarbeitet werden“ (Engelkamp 1990, S.7). Daraus ergibt sich für diese Arbeit die essentielle Annahme, daß eine Gedächtnisleistung auf der Repräsentation von Wissen durch verschiedene Codierungen beruht und in Abhängigkeit von diesen variieren. Jedoch, „die Analyse des komplexen Zusammenspiels der verschiedenen ...“ Codierungen „... muß weitgehend zukünftigen Unternehmungen überlassen bleiben“ (Engelkamp 1990, S.11).

Bevor jedoch die vorgestellte Rahmenbedingung interpretiert wird, müssen zuvor einige Begriffe definiert werden.

Erfahrungen werden durch das sensumotorische Wissen wahrnehmungs- und verhaltensnah konserviert. Die dabei entstehenden Gedächtnisspuren basieren relativ stark auf Prozessen der Wahrnehmung und des motorischen Verhaltens. Engelkamp bezeichnet dabei die Einheiten des sensorischen Wissens als *Marken* und die des motorischen Wissens als *Programme*. Die Einheiten des modalitätsunspezifischen, semantisch-begrifflichen Systems werden als *Konzepte* bezeichnet.

Dem Leser soll nun die Bedeutung des motorischen Wissens deutlich geworden sein, jedoch soll im weiteren diese Komponente vernachlässigt werden, da es im Kontext dieser Arbeit weniger relevant ist, das Modell dadurch nicht verfälscht und die weiteren Erklärungen nicht unnötig erschwert werden.

Nach diesem Modell werden wahrgenommene Bilder im kognitiven Apparat durch Bildmarken, gelesener Text durch visuelle Wortmarken (Graphemik) und das Hören von Sprache durch akustische Wortmarken (Phonemik) repräsentiert. Die Unterteilung der modalitätsspezifischen Wortmarken in visuell und akustisch postuliert eine modalitätsfreie Wortmarke, die die beiden modalitätsspezifischen integriert. Sie wird als abstrakte Wortmarke bezeichnet (Engelkamp 1990, S.57f). Die begriffliche Repräsentation von

Wörtern im modalitätsunspezifischen System werden *Wortkonzepte* und die der Bildmarken werden *Referenzkonzepte* genannt.

Am Wort *Apfel* soll die Idee des bisher gesagten veranschaulicht werden. Wird beispielsweise das Wort *Apfel* gehört, so werden im multimodalen Gedächtnismodel die Wortmarke für *Apfel*, das Wortkonzept, welches das semantisch-begriffliche Wissen über das Wort *Apfel* repräsentiert und das Referenzkonzept, das das non-verbale Wissen über Äpfel repräsentiert, aktiviert.

Die Interpretation der vorgestellten Rahmenbedingung

In Abbildung 12 kann man erkennen, daß die jeweiligen Pfeile unterschiedlich stark dargestellt sind. So ist die Verbindung von den modalitätsspezifischen Wortmarken zu den non-verbale Referenzkonzepten bedeutsamer, als die zu den Wortkonzepten. Dies kann daran liegen, daß beim Hören eines Wortes mental eher eine bildliche Vorstellung aktiviert wird, als das dazugehörige verbale Wortkonzept. Anders ausgedrückt bedeutet dies, daß Wortmarken eher Zugang zu gegenstandsbezogenem Wissen haben als zu begrifflichem Wissen.

Die Abbildung 12 macht ferner das überaus wichtige Interagieren von Bildmarken und deren Referenzkonzept deutlich. Denn Referenzkonzepte stellen das Wissen über den wahrgenommenen Gegenstand dar und Bildmarken haben zu diesem Wissen einen unmittelbaren Zugang. Um es einfacher auszudrücken: Die dicken Verbindungslinien zwischen dem non-verbale konzeptuellen System und dem non-verbale sensumotorischen System spiegeln das Erkennen eines Gegenstandes wieder.

Je nach Situation wird die Bezeichnung des wahrgenommenen und erkannten Gegenstandes in das Gedächtnis gerufen oder nicht, womit sich die abgeschwächte Verbindung vom Referenzkonzept zu den modalitätsspezifischen Wortmarken erklärt. Kommt es zu einer Verbindung zum verbalen System, also zur Aktivierung der Wortmarke, so wird das Wort intern entweder akustisch oder visuell repräsentiert (bevor das verbale konzeptuelle Wissen über den Gegenstand aktiviert wird).

Letztere Argumentationskette verdeutlicht, warum es keine Verbindung von dem non-verbale sensumotorischen System zum verbalen konzeptuellen System gibt. Denn das würde bedeuten, daß wir in der Lage wären, ein uns fremdes Objekt begrifflich zu fassen und mit Bedeutung zu belegen.

Zusammenfassung und Vergleich von Engelkamp und Paivio

Wie bei Paivio kann gefolgert werden, daß die Kombination einer verbalen und einer non-verbalen Codierung zu einer Steigerung der Gedächtnisleistung führen wird, da mehrere Teilsystem unmittelbar und gut erreichbar sind. Der wesentliche Vorteil der multimodalen Gedächtnistheorie Engelkamps besteht jedoch darin, daß sie der Mehr-Speicher-Konzeption und der Verarbeitungstiefe große Bedeutung beimißt und damit nicht nur die Analyse der mentalen Verarbeitungsprozesse erleichtert wird, sondern zudem auch wichtige Konstellationen zu Tage treten, die entscheidenden Einfluß auf Untersuchungsergebnisse haben können.

5. Experiment zur Kombination von Text, Standbild und Sprache

5.1 Einleitung

In zahlreichen Untersuchungen wurde bereits ein Gedächtnisvorteil durch dual-modale Repräsentationen nachgewiesen (Nasser & McEwen 1976, S.263-272, Nugent 1982, S.163-174). Im Kap. 4 wurde anhand der Dual-Code-Theorie von Paivio und der multimodalen Gedächtnistheorie von Engelkamp ein höherer Lernerfolg durch eine verbale/non-verbale Repräsentation der Lehrinhalte postuliert. Das hier vorgestellte Experiment basiert auf der Vermutung, daß verschiedene Lehrinhalte unterschiedliche Codierungskombinationen erfordern, um die Lernleistung steigern zu können. Dabei werden die vorgestellten mentalen Modelle für die Begründungen der Hypothesen wichtige Ansätze liefern.

Dieses Experiment untersucht das Lernverhalten von Kindern mit einem CAL-System und in Anlehnung an die Component-Display-Theorie für den Lehrinhalt *Prinzipien*. Dabei wird sich diese Untersuchung auf die Codierungen *Text*, *Sprache* und *Standbild* beschränken, da im Gegensatz zu *Bewegtbild* und *Sound* gerade diese drei Codierungen besonders gut geeignet zu sein scheinen, um Effekt-Ursache-Beziehungen aufzuzeigen, was definitionsgemäß beim Lehrinhalt *Prinzipien* erforderlich ist. Die Restriktion auf die drei genannten Codierungen geschieht auch deshalb, weil eine Ausweitung des Experiments auf die Codierungen *Bewegtbild* bzw. *Sound* den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde.

Um die verschiedenen Lernwirkungen deutlich analysieren zu können, werden in die Untersuchung alle möglichen Codierungskombinationen mit einbezogen. Aus diesem Ver-

such werden Ergebnisse resultieren, die eine bestimmte Codierungskombination für das Erlernen von Prinzipien postulieren. Dabei könnten die gewonnenen Resultate eventuell als Beleg für die Dual-Code-Theorie und der multimodalen Gedächtnistheorie gelten.

Von großem Interesse werden Vergleiche zwischen den verschiedenen Codierungskombinationen sein, um somit Folgerungen für das Erlernen von *Prinzipien* mittels eines CAL-Systems ziehen zu können.

Aus der bisher vorgestellten Theorie können Aussagen über die Lernwirksamkeit von Codierungskombinationen getätigt werden, die sich als Hypothesen für diese Untersuchung formulieren lassen.

5.2 Hypothesen

Die Hypothesen postulieren, wie eine bestimmte Codierungskombination auf das Erlernen von Prinzipien wirkt. Dabei werden die Hypothesen Lernwirkungen von mono-codalen, dual-codalen bzw. multi-codalen Repräsentationen der Codierungen *Text*, *Sprache* und *Standbild* versuchen vorherzusagen.

Hypothese 1: Beim Erlernen von *Prinzipien* wird es bei dual-codalen Repräsentationen zu besseren Lernleistungen kommen, als bei mono-codalen Repräsentationen.

Begründung: Bei mono-codalen Repräsentationen wird entweder unser verbales oder non-verbales System angesprochen. Dies läßt nach der vorliegenden Theorie keine höheren Lerneffekte erwarten. Dagegen kann in Anlehnung an Kapitel 3.2 eine dual-codale Repräsentation entweder als auditiv/visuell oder als verbal/non-verbal klassifiziert werden. Somit werden zwei Systeme unseres Gehirns angesprochen. Einerseits wird sich das Ansprechen des auditiven und visuellen Systems als lernförderlich auswirken,²⁶ andererseits postuliert die vorgestellte Theorie einen höheren Lerneffekt durch das Ansprechen des verbalen und non-verbalen Systems.

Somit werden dual-codale Repräsentationen im Gegensatz zu mono-codalen Repräsentationen in jedem Fall höhere Lernleistungen bewirken.

Hypothese 2: Beim Erlernen von *Prinzipien* wird es bei der dual-codalen Repräsentation *Text mit Standbild* zu besseren Lernleistungen kommen, als bei der dual-codalen Repräsentation *Text mit Sprache*.

26.Vgl. Kapitel 3.2.2.

Begründung: Die Kombination Text mit Standbild spricht sowohl das verbale als auch das non-verbale System unseres Gehirns an. Nach der Dual-Code-Theorie und der multimodalen Gedächtnistheorie resultiert ein Lernvorteil, wenn diese beiden Systeme angesprochen werden. Dagegen wird bei der dual-codalen Repräsentation Text mit Sprache lediglich das verbale System aktiviert.

Auch wird durch den Einsatz der Codierung *Standbild* der Grad der Informationsvermittlung erhöht, was insbesondere für Kinder sehr hilfreich sein kann. Dabei können *Standbilder* wertvolle Hilfestellungen zur Interpretation der vorgestellten Prinzipien leisten, die durch die Beschreibung einer Ursache-Effekt-Beziehung einen gewissen Grad an Komplexität besitzen, was in diesem Alter zu einigen Verständnisproblemen führen wird.

Ein weiteres Argument für die Codierungskombination *Text mit Standbild* ist die Stabilität dieser Repräsentation, wodurch die in Kapitel 3.2.3 aufgezeigten lernförderlichen Wirkungen hier zum Tragen kommen.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß es zu einer begründbaren höheren Lernleistung beim Erlernen von Prinzipien durch die dual-codale Repräsentation *Text mit Standbild* kommt, als durch die Repräsentation *Text mit Sprache*.

Hypothese 3: Beim Erlernen von *Prinzipien* wird es bei der dual-codalen Repräsentation *Sprache mit Standbild* zu besseren Lernleistungen kommen, als bei der dual-codalen Repräsentation *Text mit Standbild*.

Begründung: Sowohl der Kombination Sprache mit Standbild als auch Text mit Standbild ist gemeinsam, daß sie die von der Dual-Code-Theorie und multimodalen Gedächtnistheorie geforderte mentale Repräsentation unterstützen und deshalb beide zu begrüßen sind. Jedoch bei der Kombination Sprache mit Standbild kann der Proband sich während der auditiven Darbietung der Betrachtung des Standbilds widmen. Eine solche Führung des Blickes durch die Sprache wird bei der zu erklärenden Ursache-Effekt-Beziehung positiv wirken. Dadurch kann sich viel einfacher eine interne Repräsentation bilden, als dies bei der dual-codalen Repräsentation Text mit Standbild der Fall wäre, in denen der Lernende abwechselnd zwischen Standbild und Text springen muß.

Weiter kann argumentativ erwähnt werden, daß es sich bei *Sprache* um eine flüchtige Codierung handelt. Dadurch kann der Lernende eine Führung durch das *Standbild* erfahren und so der Blick auf wesentliche Aspekte des Bildes gerichtet werden. So ist dies gerade

für den Lehrinhalt *Prinzipien* bedeutsam, da dort Ursache-Effekt-Beziehungen beschrieben werden.

Somit wird durch die dual-codale Repräsentation *Sprache mit Standbild* höhere Lernleistungen erzielt, als bei *Text mit Standbild*.

Hypothese 4: Beim Erlernen von *Prinzipien* wird es bei der dual-codalen Repräsentation *Sprache mit Standbild* zu besseren Lernleistungen kommen, als bei der dual-codalen Repräsentation *Text mit Sprache*.

Begründung: Sowohl die Dual-Code-Theorie von Paivio als auch die multimodale Gedächtnistheorie von Engelkamp postulieren einen Lernvorteil, wenn das verbale und das non-verbale System angesprochen werden. Die Repräsentation *Sprache mit Standbild* erfüllt diesen Anspruch. Dagegen wird durch *Text mit Sprache* nur das verbale System angesprochen und der erwartete Lerneffekt wird somit geringer ausfallen.

Wegen der vorteilhaften Wirkung der Kombination *Sprache mit Standbild* sei auf die Ausführungen in der Begründung für die Hypothese 3 verwiesen.

Somit wird insgesamt durch die Kombination *Sprache mit Standbild* höhere Lernleistungen erwartet, als bei *Text mit Sprache*.

Hypothese 5: Beim Erlernen von *Prinzipien* wird es generell zwischen dual-codalen Repräsentationen und der multi-codalen Repräsentation *Text mit Sprache und Standbild* zu keinem signifikanten Unterschieden bezüglich der Lernleistung kommen.

Begründung: Beiden Codierungskombinationen ist gemeinsam, daß sie sowohl das verbale als auch das non-verbale System ansprechen. Bei den dual-codale Repräsentationen wird dem Probanden Codierungen vorgegeben, die er versuchen wird gleichwertig zu nutzen. Dies kann bei der multi-codalen Repräsentation *Text mit Sprache und Standbild* bezweifelt werden, da der Proband sich nicht in der Lage sehen wird, alle drei Codierungen zum Wissenserwerb gleichwertig mit einzubeziehen. Somit wird es zu einer Auswahl der Codierungen kommen, die sich an der Präferenz der Probanden orientiert.

Somit werden für beide Alternativen jeweils nur zwei Codierungen gleichwertig bearbeitet und es wird zu keinen signifikanten Unterschieden in den Lernleistungen kommen.

5.3 Methode

5.3.1 Design

Aus den Codierungen *Text*, *Sprache* und *Standbild* ergeben sich insgesamt 7 verschiedene Möglichkeiten der Kombination, wobei jeder Proband 7 verschiedene Themen bearbeitete, die sich jeweils in den Codierungskombinationen unterschieden.

Insgesamt sollten 14 Themen bearbeitet werden, weshalb 2 Gruppen gebildet wurden. Die Themen der Gruppen waren unterschiedlich. Daraus ergab sich zwischen den Gruppen eine 2 x 7 Matrix (between group). Diese Matrix wurde zufällig mit den Variablen Codierungskombination und Themenummer erstellt und gewährleistet, daß jedes Thema mit einer bestimmten Kombination genau dreimal repräsentiert wurde.

Insgesamt nahmen am Experiment 42 Schüler teil, weshalb jede Gruppe aus 21 Schülern bestand. Damit konnte in jeder Gruppe die 7 Themen 21 mal bearbeitet werden (within group). Die Themen wurden in unterschiedlicher Reihenfolge repräsentiert.

5.3.2 Die Variablen

Im folgenden sollen die Variablen der Untersuchung vorgestellt und näher erläutert werden.

5.3.2.1 Unabhängige Variablen

Gruppe (between group)

Insgesamt wurden von den Probanden 14 Themen²⁷ des Lehrinhalts *Prinzipien* bearbeitet, wobei die Themen 1 bis 7 der Gruppe 1 und die Themen 8 bis 14 der Gruppe 2 zugewiesen wurden.

Codierungskombination (within group)

In dieser Untersuchung wurde der Lehrinhalt *Prinzipien* durch verschiedene Codierungskombinationen dargestellt, weshalb eine unabhängige Variable dieser Untersuchung die Repräsentation des Lehrinhalts durch Codierungskombinationen war. Diese Variable besitzt sieben Ausprägungen:

- Text
- Standbild

²⁷Z.B. wurde das *Prinzip des Treibhauseffekts*, das *Prinzip der Arbeitsteilung* erklärt.

- Sprache
- Sprache mit Standbild
- Text mit Standbild
- Text mit Sprache
- Text mit Sprache und Standbild

5.3.2.2 Abhängige Variablen

In dieser Untersuchung gab es 6 abhängige Variablen:

- Lernleistung des visuellen Gedächtnisses
- Behaltensleistung
- Verständnis
- Versuchszeit
- Pausenzeit
- Präferenzen bezüglich den Codierungskombinationen

Die Fragen zur *Lernleistung des visuellen Gedächtnisses*, zur *Behaltensleistung* und zum *Verständnis* werden in Kapitel 5.3.3 näher erläutert. Die abhängige Variable *Versuchszeit* gibt uns die Repräsentationsdauer des Themas an; die Variable *Pausenzeit* definiert die Zeit, die der Proband zwischen den Themen zur Entspannung bzw. Erholung benötigte und die Variable *Präferenzen bezüglich den Codierungskombinationen* zeigt uns, wie stark der Proband die repräsentierte Codierungskombination präferierte.

5.3.2.3 Kontrollvariablen

Folgende Kontrollvariablen wurden erhoben, um deren Einfluß auf die Ergebnisse zu prüfen:

- Allgemeine Gedächtnisleistung
- Visuelle Gedächtnisleistung
- Geschlecht
- Alter
- Schulnoten

Mit dem Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder (HAWIK-R, 1993) wurde die allgemeine Gedächtnisleistung der Probanden getestet. Da in der Untersuchung *Standbilder* zur Wissensvermittlung eingesetzt wurden, mußte die visuelle Gedächtnisleistung mit

dem BENTON-Test getestet werden (Benton & Spreen 1996). Durch den BENTON-Test konnte die visuelle Wahrnehmung überprüft werden, wodurch Probanden, die eine geringe visuelle Wahrnehmungsfähigkeit besitzen, hätten erkannt werden können.

Die Ergebnisse der Untersuchung sollen möglichst ohne Einfluß dieser Kontrollvariablen sein.

5.3.3 Aufgaben

1. Der Proband wurde aufgefordert, das durch das CAL-System dargestellte *Prinzip* so gut wie möglich zu verstehen bzw. zu lernen. Dabei wurde das Thema durch eine der 7 möglichen Codierungskombinationen repräsentiert.

2. Für jedes Thema wurden genau drei Fragen konstruiert, die sich wie folgt unterscheiden: Die erste Frage war eine visuelle Frage, die die Lernleistung des visuellen Gedächtnisses der Probanden überprüfte. Die zweite Frage prüfte die Behaltensleistung der Probanden, wobei die Aufgabe darin bestand, sich an einzelne Gegebenheiten der Repräsentation zu erinnern. Die dritte Frage war eine Verständnisfrage, die das Verständnis des vorgestellten *Prinzips* abfragte.

3. Nach Beendigung des CAL-Systems konnte der Proband seine Präferenz bezüglich den Codierungskombinationen mit Hilfe der Wertigkeiten 1 bis 5 angeben. Zum einfachen Erinnern wurden anhand einer noch unbekannteren Aufgabe nochmals alle 7 Codierungskombinationen für ca. 4-5 Sekunden aufgerufen.

5.3.4 Das CAL-System

Das CAL-System wurde mit Director von Macromedia (Macromedia, Inc. 1994) eigens für diese Untersuchung auf einen Power Macintosh entwickelt, der mit einem 20 inch Monitor ausgestattet war.

Dabei wurden insgesamt 14 verschiedenen Themen in das CAL-System integriert, wobei für die verschiedenen Codierungskombinationen das Thema als *Text*, als *Standbild* und als *Sprache* vorhanden sein mußte. Da das Experiment die unterschiedliche Wirkungen von Codierungskombinationen untersuchte, wurde das CAL-Programm so programmiert, daß alle drei Codierungen beliebig miteinander verknüpft werden konnten.

Das Programm konnte jederzeit unterbrochen werden, um somit bei unerwarteten Stör-

faktoren einem gesamten Abbruch des Versuchs entgegenwirken zu können.

Des Weiteren wurden die Darbietungszeiten der einzelnen Themen im CAL-System implementiert, die sich aus der Darbietungszeit der *Sprache* plus der Hälfte dieser Zeit errechnete. Wenn beispielsweise die Codierung *Sprache* 90 Sekunden benötigte, so betrug die gesamte Darbietungszeit 2 Minuten und 15 Sekunden. Während des Experiments wurde ein Logfile mit der Identitätsnummer, Themenummer, Codierungskombination, Versuchszeit, individuellen Daten des Probanden etc. erstellt.

Dem Proband wurden am unteren linken Bildschirmrand für jedes Thema die letzten 20 Sekunden der Repräsentationszeit angezeigt, woran sich der Proband orientieren konnte. Nach Ablauf dieser 20 Sekunden ertönte ein Signalton, was das Ende der Repräsentation signalisierte. Anschließend erschien für 2 Sekunden eine Maske, um das auf der Netzhaut noch vorhandene Bild zu löschen.

5.3.5 Prozedur

Zu Beginn stellte der Versuchsleiter sich vor und erzählte allgemein, was auf den Proband zukommt, um eine mögliche Nervosität der Schüler zu minimieren und um eine Vertrauenssituation aufzubauen. Anschließend erfolgte eine Erklärung über den Ablauf des Versuchs, woraufhin das CAL-System gestartet wurde.

In die erste Bildschirmmaske gab der Versuchsleiter individuelle Daten, wie z.B. Alter, Geschlecht etc. des Probanden, die erste Themenummer und die entsprechende Codierungskombination ein.²⁸ Nun konnte der Proband durch einen Mouse-Click selbst den Start des Versuchs bestimmen, womit das erste Thema mit der zuvor eingegebenen Codierungskombination erschien. Der Proband nahm nun die am Bildschirm repräsentierten Informationen in Abhängigkeit von der Codierungskombination auf. Nach der im CAL-System vorgegebenen Zeit, verschwand die Repräsentation des Themas, es ertönte der Signalton und die bereits erwähnte Maske erschien. Anschließend wurden die visuelle Frage²⁹, die Behaltensfrage und die Verständnisfrage mündlich gestellt und der Versuchsleiter notierte die Antworten wörtlich. War der Frageteil beendet, so wurde die nächste Themenummer und Codierungskombination durch den Versuchsleiter eingegeben und mit der Mouse bestätigt. Nun erschien eine Maske, die signalisierte, daß der Pro-

28. Die Wahl des Themas und der Codierungskombination basierten auf der in Kapitel 5.3.4 erstellten 2 x 7 Matrix.

29. Die visuelle Frage wurde nur gestellt, wenn die Repräsentation die Codierung *Standbild* beinhaltete.

band eine kleine Pause zur Verfügung hat und durch einen weiteren Mouse-Click, den Beginn der nächsten Repräsentation selbst bestimmen kann.

Nachdem alle sieben Themen mit den dazugehörigen Fragen repräsentiert wurden, wurde das CAL-System durch den Versuchsleiter beendet und durch einen Papier- und Bleistifttest wurden die Präferenzen des Probanden bezüglich den Codierungskombinationen erfragt.

Um Erschöpfungserscheinungen zu minimieren, wurde die allgemeine und die visuelle Gedächtnisleistung der Probanden erst einige Tage später überprüft.

5.3.6 Versuchspersonen

Am Versuch nahmen 42 Schüler der 4. Klasse einer Primarschule in Winterthur (Schweiz) teil. Da sich alle Schüler im selben Jahrgang befanden, war das Alter der Schüler, mit wenigen Ausnahmen, 10 Jahre. Die Schüler erhielten als Belohnung Süßigkeiten.

5.4 Ergebnisse und Bewertung

5.4.1 Voranalyse

Der Voranalyse kam die Aufgabe zu, die Verwendbarkeit der Daten zu garantieren. Die einzelnen Tests der Voranalyse werden im folgenden dargestellt:

5.4.1.1 Reliabilität der Bewerter

Die Antworten der Schüler wurden von drei Personen unabhängig bewertet. D.h., daß keiner der drei Personen das Bewertungsergebnis der beiden anderen kannte. Eine Analyse durch den ANOVA-Test zur Reliabilität der Bewerter ergab einen Wert von .87, welcher als akzeptable Übereinstimmung zwischen den Personen gilt. Deshalb konnte aus den drei Bewertungsergebnissen der Antworten das arithmetische Mittel für jede Aufgabe und für jeden Schüler errechnet und weiter zur Auswertung verwendet werden.

5.4.1.2 Gruppeneffekte

In dieser Analyse ging es darum, Unterschiede bezüglich den Lernleistungen und den Themen zwischen den beiden Gruppen festzustellen. Ein Unterschied bezüglich den Lernleistungen der beiden Gruppen würde bedeuten, daß die Themen der einen Gruppe

schwieriger waren, als die der anderen Gruppe. Ein Unterschied bezüglich der Themen der beiden Gruppen würde z.B. auf der Dauer der Darbietungszeit basieren.

Der ANOVA-Test ergab für die *visuelle Frage*, für die *Behaltensfrage* und für die *Verständnisfrage* keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. In der Darbietungszeit der Themen (P-Wert = ,0273; F-Wert = 4,92) und der benötigten Pausenzeit zwischen den Themen (P-Wert = ,0106; F-Wert = 6,629) wurden signifikante Unterschiede festgestellt. Daraus läßt sich folgern, daß die Themen zwischen den Gruppen aufgrund der Zeiten tatsächlich unterschiedlich waren, dies aber keinen Einfluß auf die Lernleistung hatte.

Damit sind die Lernleistungseffekte der verschiedenen Codierungskombinationen nicht auf die Unterschiedlichkeit der Aufgaben oder anderen Gruppeneffekte zurückzuführen. Des weiteren gibt es zwischen den Gruppen keine weiteren wichtigen Unterschiede, weshalb für die restliche Analyse uneingeschränkt die Ergebnisse aller 42 Versuchspersonen verwendet werden.

5.4.1.3 Analyse des Vorwissens

Diese Analyse wurde mit der Spearman Rang-Korrelation anhand der Kontrollvariablen allgemeine Gedächtnisleistung, visuelle Gedächtnisleistung, Alter und Schulnoten³⁰ durchgeführt. Die Spearman Rang-Korrelation bezüglich der allgemeinen Gedächtnisleistung, der visuellen Gedächtnisleistung und des Alters ergab keine signifikanten Korrelationen mit der visuellen Lernleistung, der Behaltensleistung, des Verständnisses und der Präferenzen. Dies bedeutet, daß das Gedächtnis und das Alter keinerlei Einfluß auf die Beantwortung der Fragen und der Präferenzen hatte. Dagegen ergab die Korrelationsanalyse zwischen den Schulleistungen und Lernleistungen des Experiments signifikante Effekte, wie in Tabelle 11 dargestellt wird. Es wird eine Effektwirkung des schulischen Vorwissens aufgezeigt. Insgesamt ergibt sich daraus eine positive Korrelation zwischen Schulnoten und den ermittelten Lernleistungen. Also ein guter Schüler erbrachte auch im Versuch gute Resultate.

30. Durch die Klassenlehrer wurden die Noten der Schüler für die Fächer Mathematik, Deutsch, Heimatkunde und Zeichnen für diese Untersuchung zur Verfügung gestellt.

Tabelle 11: Signifikanzwerte bezüglich der Korrelation zwischen Schulnoten und Versuchsfragen.

	Visuelle Lernleistung			Behaltensleistung			Verständnisleistung		
	Rho	Z-Wert	P-Wert	Rho	Z-Wert	P-Wert	Rho	Z-Wert	P-Wert
Mathematik				,372	2,382	,0172			
Deutsch	,319	2,045	,0409	,664	4,251	<,0001	,356	2,280	,0226
Heimatkunde				,493	3,156	,0016	,464	2,972	,0030
Zeichnen				,323	2,067	,0387			

5.4.1.4 Interaktion zwischen Themen und Codierungskombinationen

Eine mit dem ANOVA-Test durchgeführte Analyse der Lernleistungen ergab, daß sich die 14 Themen in ihrem Schwierigkeitsgrad und den verschiedenen Codierungskombinationen signifikant unterschieden, wie in Tabelle 12 dargestellt. Damit war es notwendig, mögliche Interaktionen zwischen den Themen und den Codierungskombinationen zu identifizieren. Diese Analyse wurde ebenfalls mit dem ANOVA-Test durchgeführt und ergab keine solche Interaktion, wie ebenfalls aus Tabelle 12 zu lesen ist.

Tabelle 12: Signifikanzwerte zur Disparität der Themen und Codierungskombinationen.

	F-Wert	P-Wert
Disparität der Themen	8,559	<,0001
Disparität der Codierungskombination	9,575	<,0001
Interaktion zwischen Themen und Codierungskombination	,951	,5932

5.4.1.5 Effekte bezüglich Geschlecht

Diese Analyse wurde mit dem ANOVA-Test durchgeführt, um eine Wechselwirkungen bzw. Interaktionen zwischen Mädchen und Jungen und den beiden Gruppen herauszufinden. Die Analyse wurde anhand der abhängigen Variablen geführt und ergab keine Interaktion zwischen Geschlecht und Gruppe.

5.4.2 Lernleistung

Im Experiment wurde die visuelle Lernleistung, die Behaltensleistung und das Verständnis geprüft. Da es hier um das Verstehen bzw. Begreifen der vorgestellten Prinzipien geht, kommt der Überprüfung des Verständnisses der Prinzipien die größte Bedeutung zu. Die visuelle Lernleistung und die Behaltensleistung können dann aber wertvolle Erklärungsansätze liefern, wenn die Prinzipien weniger gut verstanden wurden. Auch die Präferenzen bezüglich den Codierungskombinationen der Probanden können Argumente in Bezug auf das Verstehen von Prinzipien liefern, da sie die Attraktivität der jeweiligen Codierungskombinationen widerspiegeln und dies das Lernverhalten der Probanden beeinflussen kann.

In einem ersten Schritt muß zuerst der Frage nachgegangen werden, ob signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Kombinationen bestehen. Die Ergebnisse der visuellen Lernleistung und der Behaltensleistung stammen von nicht-parametrisierten Daten und werden deshalb mit dem Friedman-Test bewertet. Dementsprechend konnten die Ergebnisse der parametrisierten Daten der Verständnisfrage mit dem dafür geeigneten ANOVA-Test analysiert werden.

5.4.2.1 Visuelle Lernleistung

Die Frage zur visuellen Lernleistung wurde nur für die Kombinationen gestellt, die die Codierung *Standbild* beinhalteten. Deshalb existieren lediglich für vier Codierungskombinationen Ergebnisse, wie in Tabelle 13 und in Abbildung 13 zu sehen ist.

Fazit: Die Probanden konnten sich an visuelle Gegebenheiten besser erinnern, wenn *Sprache* den Blick durch das *Standbild* führte. Das schlechteste Ergebnis wurde beim Einsatz aller drei Codierungen erzielt.

Tabelle 13: Arithmetisches Mittel der Lernleistungen der visuellen Frage.

Codierungskombination	Anzahl	Arithmetisches Mittel
Standbild	42	2,167
Text mit Standbild	42	2,357
Sprache mit Standbild	42	2,798
Text mit Sprache und Standbild	42	2,679

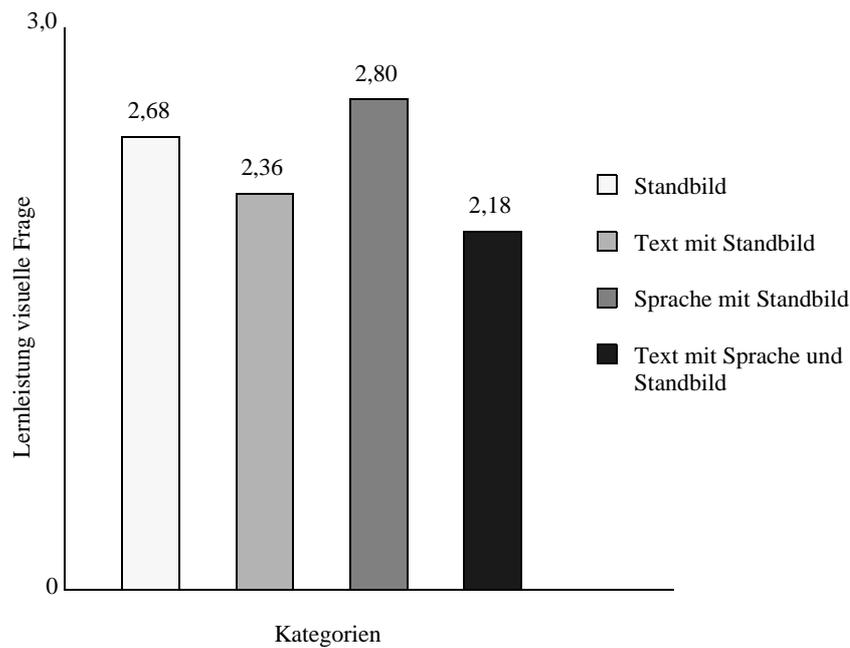


Abbildung 13: Mittlerer Rang für die Ergebnisse der visuellen Frage.

Aus dem Friedman-Test resultierte, daß generell Unterschiede zwischen diesen Codierungskombinationen existieren (P-Wert = ,0183; Chiquadrat = 10,026). Mit Hilfe des Wilcoxon Vorzeichen-Rang-Test konnten die signifikanten Unterschiede zwischen den Codierungskombinationen identifiziert werden, wie in Tabelle 14 aufgeführt ist.

Tabelle 14: Signifikanzwerte zwischen Codierungskombinationen bezüglich den Lernleistungen der visuellen Frage.

... höhere Lernleistung bei der visuellen Frage als ...	Z-Wert	P-Wert
Standbild	Text mit Sprache und Standbild	-2,214 ,0268
Sprache mit Standbild	Text mit Standbild	-2,310 ,0209
Sprache mit Standbild	Text mit Sprache und Standbild	-2,561 ,0104

5.4.2.2 Behaltensleistung

Die Ergebnisse der Behaltensleistung werden in Tabelle 15 und in Abbildung 14 dargestellt.

Fazit: Bei der verbalen, dual-codalen Repräsentation *Text mit Sprache* war die Erinnerungs- bzw. Behaltensleistung am höchsten und die alleinige Betrachtung der Codierung *Standbild* lieferte das schlechteste Ergebnis.

Tabelle 15: Arithmetisches Mittel der Lernleistungen der Behaltensfrage.

Codierungskombination	Anzahl	Arithmetisches Mittel
Text	42	4,119
Standbild	42	3,262
Sprache	42	3,774
Text mit Standbild	42	3,738
Sprache mit Standbild	42	4,345
Text mit Sprache	42	4,512
Text mit Sprache und Standbild	42	4,250

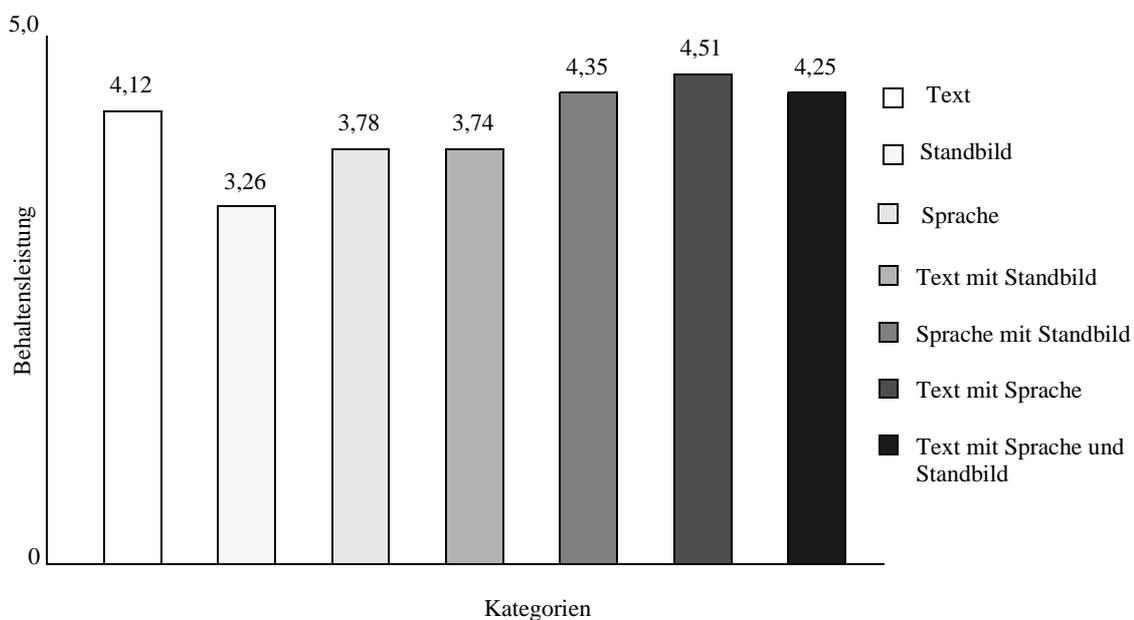


Abbildung 14: Mittlerer Rang für die Ergebnisse der Behaltensfrage.

Durch den Friedman-Test konnte auch hier ein generell existierender und signifikanter Unterschied zwischen den Codierungskombination erkannt werden (P -Wert = ,0043; Chi-quadrat = 18,902), weshalb wieder der Wicoxon Vorzeichen-Rang-Test zur Identifizierung der jeweiligen signifikanten Unterschiede durchgeführt wurde und woraus die in Tabelle 16 aufgeführten Signifikanzwerte resultierten.

Tabelle 16: Signifikanzwerte zwischen Codierungskombinationen bezüglich den Behaltensleistungen.

... höhere Behaltensleistung als ...		Z-Wert	P-Wert
Sprache mit Standbild	Sprache	-2,147	,0318
Text mit Sprache	Sprache	-2,264	,0235
Sprache mit Standbild	Standbild	-3,349	,0008
Text	Standbild	-2,502	,0124
Text mit Sprache	Standbild	-3,182	,0015
Text mit Sprache und Standbild	Standbild	-2,298	,0215
Text mit Sprache	Text mit Standbild	-2,523	,0116

5.4.2.3 Verständnis

Die Beantwortung der Verständnisfrage besagt, wie gut der Proband das vorgestellte Prinzip, also die Ursache-Effekt-Beziehung, verstanden hat. Die Ergebnisse werden in Tabelle 17 aufgezeigt und sollen durch die Abbildung 15 veranschaulicht werden.

Fazit: Für die Codierungskombination *Sprache mit Standbild* ergab sich bezüglich des Lehrinhalts *Prinzipien* die höchste Verständnisleistung. Weniger lernförderlich sind dagegen alle mono-codalen Repräsentationen anzusehen.

Tabelle 17: Arithmetisches Mittel der Verständnisleistungen.

Codierungskombination	Anzahl	Arithmetisches Mittel
Text	42	37,563
Standbild	42	35,976
Sprache	42	35,555
Text mit Standbild	42	50,206
Sprache mit Standbild	42	68,444
Text mit Sprache	42	59,802
Text mit Sprache und Standbild	42	58,476

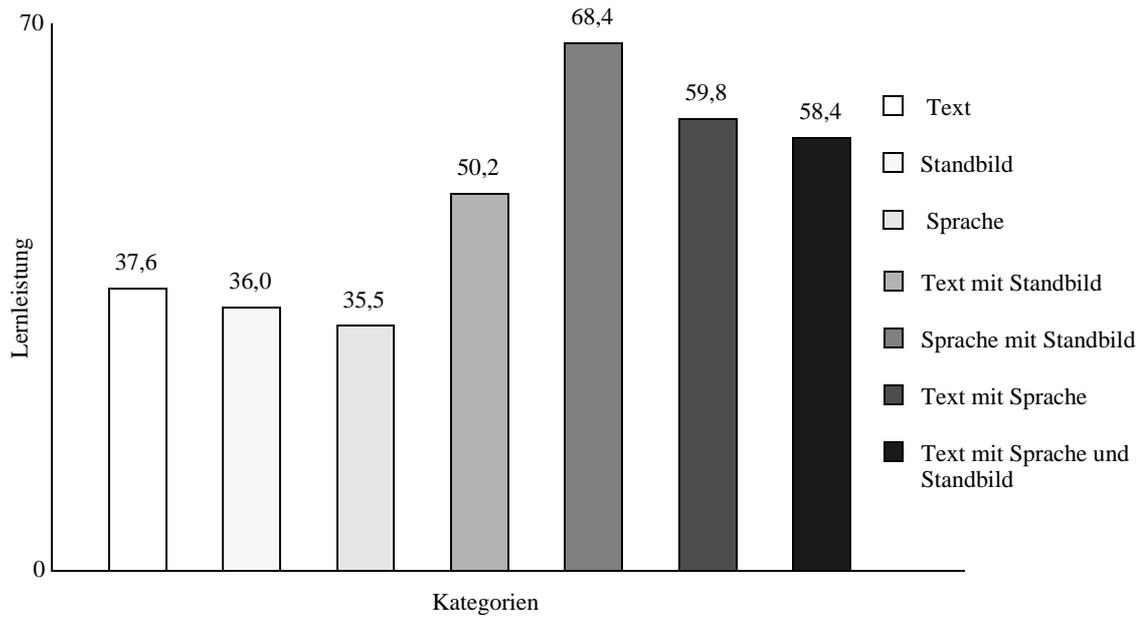


Abbildung 15: Lernleistung bezüglich der Verständnisfrage in Prozent.

Tabelle 18: Signifikanzwerte zwischen Codierungskombinationen bezüglich den Verständnisleistungen.

... höhere Lernleistung bei der Verständnisfrage als ...		P-Wert
Sprache mit Standbild	Sprache	<,0001
Text mit Sprache	Sprache	,0004
Text mit Standbild	Sprache	,0311
Text mit Sprache und Standbild	Sprache	,0008
Sprache mit Standbild	Standbild	<,0001
Text mit Sprache	Standbild	,0005
Text mit Standbild	Standbild	,0362
Text mit Sprache und Standbild	Standbild	,0010
Sprache mit Standbild	Text	<,0001
Sprache mit Standbild	Text mit Standbild	,0074
Text mit Sprache	Text	,0011
Text mit Sprache und Standbild	Text	,0022

Der ANOVA-Test ergab eine existierende Signifikanz zwischen den verschiedenen Kombinationen (P-Wert = $< ,0001$; F-Wert = 7,772). Im Gegensatz zum Friedman-Test konnten mit dem ANOVA-Test die einzelnen signifikanten Unterschiede identifiziert werden, wie in Tabelle 18 dargestellt wird. Diese Ergebnisse werden als Grundlage für die Bewertung der verschiedenen Codierungskombinationen dienen, womit die in Kapitel 5.2 aufgestellten Hypothesen entweder verworfen oder nicht verworfen werden.

5.4.2.4 Präferenzen

Die Ergebnisse dieses Papier- und Bleistifttests werden in Tabelle 19 dargestellt und durch Abbildung 16 veranschaulicht.

Fazit: Die Probanden präferierten die Codierungskombinationen *Text*, *Sprache* und *Text mit Standbild* am stärksten. Dagegen wurden *Standbild*, *Sprache mit Standbild*, *Text mit Sprache* und *Text mit Sprache und Standbild* weniger bevorzugt bearbeitet.

Tabelle 19: Arithmetisches Mittel der Präferenzen.

Codierungskombination	Anzahl	Arithmetisches Mittel
Text	42	4,951
Standbild	42	3,435
Sprache	42	4,463
Text mit Standbild	42	4,488
Sprache mit Standbild	42	3,463
Text mit Sprache	42	3,683
Text mit Sprache und Standbild	42	3,512

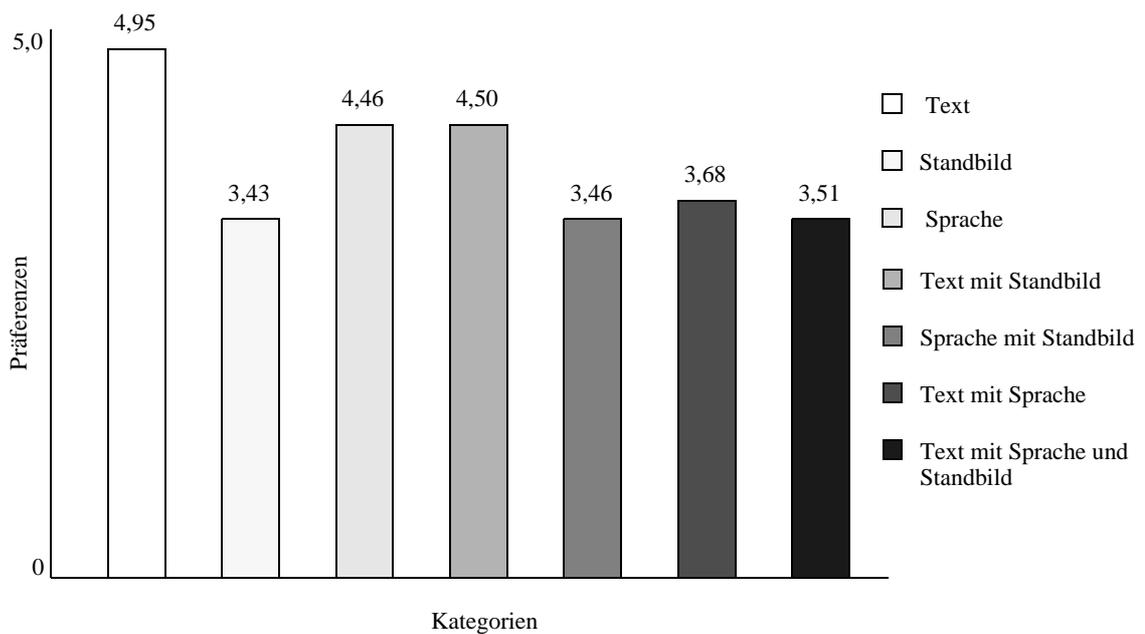


Abbildung 16: Arithmetisches Mittel der Ergebnisse der Präferenzfrage.

Die Ergebnisse stammen wiederum von nicht-parametrischen Daten, weshalb der Friedman-Test zur Anwendung kam. Der Friedman-Test stellte einen generellen Unterschied zwischen den Codierungskombinationen fest (P-Wert = ,0002; Chiquadrat = 26,756).

Anschließend mußte wieder der Wilcoxon Vorzeichen-Rang-Test zur Identifizierung der signifikanten Unterschiede zwischen den Codierungskombinationen herangezogen werden, die in Tabelle 20 aufgeführt werden.

Tabelle 20: Signifikanzwerte zwischen Codierungskombinationen bezüglich den Präferenzen.

... höhere Präferenzen als ...		Z-Wert	P-Wert
Sprache	Text mit Sprache	-2,133	,0330
Sprache	Text mit Sprache und Standbild	-2,553	,0107
Text	Standbild	-2,628	,0086
Text	Sprache mit Standbild	-2,952	,0032
Text	Text mit Sprache	-2,471	,0135
Text	Text mit Sprache und Standbild	-2,624	,0087
Text mit Standbild	Text mit Sprache	-2,225	,0261
Text mit Standbild	Text mit Sprache und Standbild	-2,274	,0230

5.5 Bewertung der Ergebnisse

5.5.1 Hypothesen

Die Hypothesen beziehen sich auf das Verstehen bzw. Erlernen der vorgestellten Prinzipien.³¹ Aus diesem Grund basieren die Bewertungen der Hypothesen auf den Ergebnissen aus Tabelle 18.

Hypothese 1:

Mit Ausnahme der beiden Repräsentationen *Text* und *Text mit Standbild* ergaben sich für alle anderen Vergleiche zwischen einer mono-codalen und einer dual-codalen Repräsentationen resultierten Signifikanzwerte bezüglich den Lernleistungen, weshalb für diese die erste Hypothese nicht verworfen wird.

Als Erklärung für die fehlende Signifikanz zwischen *Text* und *Text mit Standbild* soll hier eine in Kapitel 3.3.1 geführte Begründung herangezogen werden: Bei der Kombination *Text mit Standbild* wird einerseits die Textinformation zwar aufgenommen, es kommt jedoch zu einer Negation der *Standbildinformation*. Dies kann daran liegen, daß Schülern im Alter von ca. 10 Jahren die Fähigkeit fehlt, zwischen *Textpassagen* und *Standbild* zu wechseln. Es wird also zuerst der *Text* gelesen, anschließend das *Standbild* betrachten und somit geht die Kohärenz³² zwischen *Text* und *Standbild* verloren. Dies ist als Verminderung der Lernleistung aufzufassen und der Vorteil dieser dual-codalen Repräsentation wird sich dadurch vermindern. Deshalb kam es zu keinen signifikanten Unterschied zwischen diesen beiden Repräsentationen.

Hypothese 2:

Die zweite Hypothese, die eine höhere Lernleistung der dual-codalen Repräsentation *Text mit Standbild* als die Kombination *Text mit Sprache* postulierte, muß für das Erlernen von Prinzipien verworfen werden.

Die bereits geführte Begründung, daß bei der Kombination *Text mit Standbild* die *Standbildinformation* negiert wird, kann hier gleichfalls angewandt werden. Darüberhinaus läßt sich aus der abhängigen Variable *Behaltensleistung* herauslesen, daß die Probanden bei

31.Vgl. Kapitel 5.3.3 (1).

32.Vgl. Kapitel 3.1.1.3.

der Kombination *Text mit Sprache* generell mehr erinnerten, als bei *Text mit Standbild*. Da die Behaltensleistung als Voraussetzung für die Lernleistung gewertet werden kann, kann der daraus resultierende negative Zusammenhang zwischen Behaltensleistung und Verständnisleistung als Erklärung für das Verwerfen dieser Hypothese angesehen werden.

Hypothese 3:

Die dritte Hypothese, die eine höhere Lernleistung der dual-codalen Repräsentation *Sprache mit Standbild* als die Kombination *Text mit Standbild* postulierte, wird für das Erlernen von Prinzipien nicht verworfen.

Als Erklärung sei hier auf die in Kapitel 5.2 geführte Begründung verwiesen.

Hypothese 4:

Die vierte Hypothese, die eine höhere Lernleistung der dual-codalen Repräsentation *Sprache mit Standbild* als die Kombination *Text mit Sprache* postulierte, muß für das Erlernen von Prinzipien verworfen werden.

Als Erklärung soll das Konzept der *investierten mentale Anstrengung*³³ dienen, der große kognitionspsychologische Bedeutung zukommt. Eine wichtige Eigenschaft von *Sprache* ist die Aufmerksamkeitssteuerung. Somit wird bei Lesen des *Textes* durch *Sprache* die Aufmerksamkeit der Probanden erhöht, woraus eine höhere mentale Anstrengung resultiert und demzufolge der *Text* intensiver verarbeitet wird. Dieser unerwartete Effekt steigert die Lernleistung der Kombination *Text mit Sprache*, wodurch es zu keinem signifikanten Unterschied zur Kombinationen *Sprache mit Standbild* kommt. Somit muß die Hypothese verworfen werden.

Hypothese 5:

Die fünfte Hypothese, die keinen signifikanten Unterschied der Lernleistung zwischen dual-codalen Repräsentationen und der multi-codalen Repräsentation *Text mit Sprache und Standbild* postuliert, wird für das Erlernen von Prinzipien nicht verworfen.

Auch hier sei als Erklärung auf die in Kapitel 5.2 geführte Begründung verwiesen.

33.Vgl. Kapitel 3.1.1.2.

5.5.2 Verständnis versus Erinnern³⁴

Im Experiment wurde unmittelbar nach Darbietung des Themas eine Behaltens- und eine Verständnisfrage gestellt. Dabei wird intuitiv angenommen, daß die Behaltensleistung eine notwendige Voraussetzung für das Verständnis der vorgestellten Prinzipien anzusehen ist. Ob also ein Zusammenhang zwischen Erinnern bzw. Behalten und Verstehen besteht.

Die Ergebnisse der Behaltens- und der Verstehensfrage ergaben generell einen positiven Zusammenhang.³⁵ Dabei wird unter einem positiven Zusammenhang folgende beiden Alternativen verstanden:

- Besteht zwischen zwei Codierungskombinationen bezüglich der Behaltensleistung ein signifikanter Unterschied, so existiert entweder ebenfalls für die Verständnisleistung ein solcher signifikanter Unterschied oder es existiert kein signifikanter Unterschied.
- Besteht zwischen zwei Codierungskombinationen bezüglich der Behaltensleistung kein signifikanter Unterschied, so existiert für die Verständnisleistung entweder ein signifikanter Unterschied oder es existiert ebenfalls kein signifikanter Unterschied.

Somit kann die oben erwähnte Vermutung, daß die Behaltensleistung eine notwendige Voraussetzung für das Verständnis der vorgestellten Prinzipien ist, mit Einschränkung als korrekt angesehen werden.

5.5.3 Verständnis versus Präferenzen³⁶

Durch den Papier- und Bleistifttest konnten die Schüler ihre persönliche Präferenzen bezüglich den Codierungskombinationen angeben. Ein Vergleich dieser Ergebnisse mit den Lernleistungen der jeweiligen Kombinationen ergab für die meisten Gegenüberstellungen einen positive Zusammenhang. Darüberhinaus ergab sich für fünf Vergleiche ein negativer Zusammenhang. Dieser negative Zusammenhang bedeutet, daß wenn beispielsweise zwischen zwei Codierungskombinationen ein signifikanter Unterschied bezüglich den Präferenzen festgestellt wurde, sich für die Verständnisleistung das entgegengesetzte Bild zeigt.³⁷ Die identifizierten negativen Zusammenhänge werden in der Tabelle 21 dargestellt.

34.Vgl. Tabelle 16 und Tabelle 18.

35.Vgl. auch Tabelle 17 und Tabelle 19.

36.Vgl. Tabelle 18 und Tabelle 20.

37.Vgl. auch Tabelle 19.

Tabelle 21: Negative Zusammenhänge zwischen den subjektiven Präferenzen und der objektiven Verständnisleistung der Probanden.

mono-codal	subjektive Präferenz	objektive Verständnisleistung	dual- bzw. multi-codal
Text	besser als	schlechter als	Sprache mit Standbild
Text	besser als	schlechter als	Text mit Sprache
Text	besser als	schlechter als	Text mit Sprache und Standbild
Sprache	besser als	schlechter als	Text mit Sprache
Sprache	besser als	schlechter als	Text mit Sprache und Standbild

Interessanterweise werden durch diese negativen Zusammenhänge eine allgemeine Tendenz der Probanden wiedergegeben. So präferieren die Schüler die Kombinationen, durch die sie eine geringe Lernleistung erzielten. Für die Kombinationen mit höheren Lernleistungen ist das Gegenteil der Fall.

Auffallend an Tabelle 21 ist, daß die Schüler stark die mono-codalen, verbalen Repräsentationen bevorzugten. Die Erklärung könnte darauf abzielen, daß *Text* bzw. *Sprache* systematisch für den Wissenserwerb trainiert werden, weshalb ihnen eine hohe *Literacy*³⁸ zukommt. Dagegen wird der Umgang mit Bildern kaum trainiert. Z.B. kann mit dem Informationsgehalt von Bildern weniger effektiv umgegangen werden und folglich besteht hier eine geringere *Literacy*. Dementsprechend kann hier argumentativ angebracht werden, daß wenn eine entsprechende Codierung für einen Probanden eine hohe *Literacy* besitzt, dies gleichzusetzen ist mit der Präferenz des Probanden.

Das Argument der *Literacy* von Codierungen bzw. Codierungskombinationen kann auch für Tabelle 21 herangezogen werden. Die Schüler sind mit dem Umgang von dual- bzw. multi-codalen Repräsentationen bezüglich des Wissenserwerbs weniger vertraut, weshalb sie eher zu den mono-codalen Repräsentation, die zu dem für sie teilweise eine hohe *Literacy* besitzen, präferieren. Stellt sich nun aber die Frage, wodurch hier die schlechten Lernleistungen erklärt werden können.

Möchte man die Präferenzen der Schüler erklären, so drängt sich unweigerlich das Argument auf, daß *die* Kombinationen bevorzugt wurden, die eine geringe mentale Anstren-

38.Vgl. Kapitel 3.1.1.2.

gung benötigen. Somit sind wir wieder beim Konzept der *investierten mentalen Anstrengung*³⁹, das für weniger schwer empfundene Kombinationen einen geringen Lernerfolg postuliert.

Dagegen führen alle nicht präferierten Kombinationen zu höheren Lernleistungen, da es zu einer höheren mentalen Anstrengung kam.

Diese Aussage wurde jedoch nur für die in Tabelle 21 aufgelisteten Kombination empirisch belegt. Der Leser sei jedoch auf Abbildung 15 und Abbildung 16 verwiesen, die zweifellos eine solche Tendenz erkennen lassen.

5.5.4 Schlußfolgerungen

Im folgenden wird ein Überblick über die Ergebnisse des durchgeführten Experiments mit einigen generellen Folgerungen gegeben.

Da die erste Hypothese nicht verworfen wurde, die einen Lernvorteil in dual-codalen statt mono-codalen Repräsentation postuliert, wird die Vermutung, daß *Multimedia* zu einer Steigerung der Lernleistungen führt, für das hier vorgestellte Experiment nicht verworfen. Des weiteren wird in der zweiten, dritten und vierten Hypothese auf die weiterführende Frage eingegangen, inwieweit sich die verschiedenen dual-codalen Repräsentationen bezüglich den Lernleistungen unterscheiden. Die Resultate des Experiments zeigten, daß die Kombination *Sprache mit Standbild* zu den besten Lernleistungen führte und *Text mit Sprache* sich nicht signifikant davon unterschied. Die Kombination *Text mit Standbild* sei aber zu vermeiden.

Es läßt sich in Anlehnung an Kapitel 3.2 zeigen, daß die Höhe der Lernleistung einen Zusammenhang zu der dort geführten Klassifikation in verbal/non-verbal, visuell/auditiv und stabil/flüchtig ergibt. Dies soll durch Tabelle 22 anschaulich illustriert werden.

Somit ist die Codierungskombination am besten zur Vermittlung von *Prinzipien* geeignet, die in jeder Klassifikationskategorie beide Komponenten anspricht. Des weiteren ist die Codierungskombination zur Vermittlung von *Prinzipien* am schlechtesten geeignet, die am wenigsten beide Komponenten in den jeweiligen Kategorien anspricht. Ob dies als eine *Faustregel* anzusehen ist, wird hier nicht diskutiert.

39.Vgl. Kapitel 3.1.1.2.

Tabelle 22: Zusammenhang zwischen Höhe der Lernleistung und Codierungs-
klassifikation.

<i>Sprache mit Standbild</i>	verbal und non-verbal	visuell und auditiv	stabil und flüchtig
... besser als ^a ...			
<i>Text mit Sprache</i>	nur verbal	visuell und auditiv	stabil und flüchtig
... besser als ...			
<i>Text mit Standbild</i>	verbal und non-verbal	nur visuell	nur stabil

a. „... besser als ...“ hat hier die Bedeutung von „aus ... resultierten höhere Lerneffekte als bei ...“.

Da die fünfte Hypothese nicht verworfen wurde, konnte gezeigt werden, daß es zu keinen signifikanten Unterschieden zwischen dual-codalen und multi-codalen Repräsentationen beim Erlernen von *Prinzipien* kommt. Des weiteren belegt Hypothese 3, daß die Codierungskombination *Sprache mit Standbild* im durchgeführten Experiment zu den besten Lerneffekten führte. Mit diesen beiden Hypothesen kann der *trivialen* Forderung begegnet werden, alle zur Verfügung stehenden Codierungen einzusetzen, da damit der Lerneffekt in jedem Fall gesteigert wird.

Im Abschnitt 5.5.2 konnte der positive Zusammenhang zwischen der Behaltensleistung und der Verständnisleistung aufgezeigt werden, womit die Vermutung, daß das Behalten von Gegebenheiten eine notwendige Voraussetzung für das Erlernen von *Prinzipien* ist, für die hier durchgeführte Untersuchung bestätigt werden kann. Der Abschnitt 5.5.3 machte deutlich, daß Präferenzen und Lernleistungen sich entgegengesetzt verhalten können. Dieses Ergebnis kann als Gegenargument für Behauptungen, wie „CAL-Systeme müssen den Präferenzen der Lernenden angepaßt werden“ dienen.

5.6 Conclusions zum Experiment

In Kapitel 3.3 wurden zwei Studien vorgestellt, die gleichfalls mittels eines CAL-Systems die Lernwirkungen verschiedener Codierungskombinationen untersuchten. Dort kam es zu kaum erwähnenswerten Unterschieden, wodurch die Forderung nach einer differenzierteren Betrachtungsweise entstand. Dieser differenzierteren Betrachtung wurde ge-

währ, indem alle Kombinationen der drei thematisierten Codierungen betrachtet wurden und zusätzlich der Klassifikation des zu vermittelnden Wissens nach Lehrinhalten Beachtung geschenkt wurde, wie es von der Component-Display-Theorie postuliert wird.

Entgegen den Studien aus Kapitel 3.3 konnte das in dieser Arbeit durchgeführte Experiment signifikante Unterschiede in den Lernleistungen zwischen den verschiedenen Codierungskombinationen feststellen. Dabei wurde das Experiment anhand des Lehrinhalts *Prinzipien* durchgeführt und die Ergebnisse postulieren als geeignete Repräsentationsform für das Erlernen von Prinzipien, *Sprache mit Standbild* zu verwenden. Die Resultate des Experiments und die gewählte Differenzierung nach Lehrinhalten läßt die Folgerung zu, daß Unterschiede zwischen Codierungskombinationen auch für andere Lehrinhalte identifiziert werden können.

Es ist jedoch zu beachten, daß die Untersuchung sich auf einer einmaligen Darstellung des zu vermittelnden Wissens bezog, wodurch die hier postulierten Codierungskombinationen für bestimmte Lernsituationen weniger geeignet sind. So wird sich beispielsweise *Sprache mit Standbild* für ein gründliches und fundierteres Studieren von Wissen weniger eignen.

Diese Arbeit unterlag der Restriktion, daß sie nur die Codierungen *Text*, *Sprache* und *Standbild* bewertete. Deshalb sei in Aussicht gestellt, daß die hier fehlende Codierung *Bewegtbild* durch eine weitere Untersuchung bewertet wird. Auch wird die Restriktion auf das Alter der Probanden durch ein weiteres Experiment mit Erwachsenen zu begegnen versucht, womit mögliche Disparitäten erkannt werden können.

6. Resumee und Ausblick

6.1 Resumee

Um einen ganzen Unterricht mit Hilfe von CAL-Systemen zu realisieren, werden Modelle benötigt, die schrittweise die Umsetzung gewährleisten und trotzdem der didaktische Anspruch der optimalen Erzielung von Lernleistungen nicht verloren geht. Die in dieser Arbeit erwähnte Elaborationstheorie und die darauf aufbauende und vorgestellte Component-Display-Theorie werden diesen Anspruch gerecht. Dabei klassifiziert die

Component-Display-Theorie auf unterster Ebene Lehrinhalte, die als elementare Komponenten von Wissen anzusehen sind.

Diese Arbeit basiert auf der Vermutung, daß die auf der Component-Display-Theorie basierenden Lehrinhalte durch bestimmte Codierungskombination repräsentiert, zu einer Steigerung der Lernleistung führen wird. Somit spielt die auf der Codierungskombination basierende interne mentale Repräsentation eine fundamentale Rolle, um kontrolliert höhere Lernleistungen zu erzielen. Dabei postulieren die vorgestellten mentalen Modelle einen Lernvorteil, wenn Informationen sowohl verbal als auch non-verbal repräsentiert werden. Der Aspekt einer gleichzeitigen visuellen und auditiven Repräsentation bleibt von den mentalen Modellen unberücksichtigt. Eine solche Unterscheidung würde aber verschiedene Sinneseingangskanäle ansprechen und dies führt zu einer Entlastung derselben, was als lernförderlich zu werten ist. Des weiteren erhält der Aspekt der Stabilität bzw. Flüchtigkeit wenig Beachtung der mentalen Modelle, was ebenfalls verwunderlich ist. Das Experiment, das mit dem durch die Component-Display-Theorie definierten Lehrinhalt *Prinzipien* durchgeführte wurde, bestätigt jedoch mit einigen Restriktionen alle drei Postulate.

Also kann die Vermutung, daß die Natur des Wissens zur Lernsteigerung eine bestimmte Codierungskombination fordert, eingeschränkt bestätigt werden.

Somit könnte die publikumswirksame Behauptung *Multimedia steigert die Lernleistung durch elementare Komponenten einer Lernsituation können durch geeignete Codierungskombinationen repräsentiert werden, womit es durch Multimedia zu einer Steigerung der Lernleistung kommt*, ersetzt werden.

6.2 Ausblick

Die weitgesteckte Zielsetzung der Component-Display-Theorie und der vorliegenden Arbeit ist es, CAL-Designer, die möglicherweise kein fundiertes didaktisches Wissen aufweisen können, ein *kognitives Werkzeug* in die Hand geben zu können. Damit sind sie dann in der Lage, kognitionspsychologisch fundierte CAL-Systeme zu entwickeln. Deshalb wird die Forderung, CAL-Systeme vermehrt zum Wissenserwerb einzusetzen, die Realisierung eines *kognitiven Werkzeugs* beschleunigen. Dabei müßte neben der Elaborationstheorie und der Component-Display-Theorie eine sogenannte *Design-Matrix* fundamentaler Bestandteil dieses *kognitiven Werkzeugs* sein.

Anhand einer solchen *Design-Matrix* könnte ein CAL-Designer ablesen, für welche elementaren Komponenten einer Unterrichtseinheit welche Codierungskombination am geeignetsten ist. Das Problem dieser *Design-Matrix* ist offensichtlich: Die Lernleistung wird nicht nur von der Repräsentationsform bestimmt, sondern zusätzlich von unzähligen anderen Faktoren, wie das Alter der Lernenden, das Vorwissen, die Fähigkeit Bilder interpretieren zu können, etc. Damit würde sich die Komplexität einer solchen *Design-Matrix* erhöhen, was dazu führen kann, daß das Erstellen dieser Matrix unmöglich wird.

Die neuen Möglichkeiten werfen also zahlreiche Fragen auf, deren Beantwortung die Zukunft uns schuldig bleibt.

Literaturverzeichnis

- Anderson, J. R., Kognitive Psychologie: eine Einführung, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag GmbH, 1996, S. 103.
- Baddeley, A., Human memory, Theory and practice, Hove: Lawrence Erlbaum, 1991.
- Ballstaedt, S.-P., Integrative Verarbeitung bei audiovisueller Medien, in: Böhme-Dürr, K., Emig, J. & Seel, N. (Hrsg.), Wissensveränderung durch Medien, München: Saur, 1990.
- Ballstaedt, S.-P., Lerntexte und Teilnehmerunterlagen, Weinheim: Beltz, 1991.
- Bransford, J. D. & Johnson, M. K., Contextual prerequisites for understanding: Some investigations of comprehension and recall, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 1972, S. 717-726.
- Buck, S., Entwicklung von Grundlagen für kognitionspsychologisch orientierte Richtlinien zur Gestaltung von Multimedia-Produkten, Dissertation, Paderborn, 1993, S. 40.
- Burey, K. F., Boyle, J. M., Evey, R. J. & Neal, A. S., Windowing versus scrolling on a visual display terminal, *Human Factors*, 24, 1982, S. 385 - 394.
- Chambers, D. & Reisberg, D., Can mental images be ambiguous?, in: *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11, 1985, S. 317-328.
- Colin, I., Optische Kodierung, Unveröffentlichte Habilitationsschrift, Universität Frankfurt/M., 1992
- Crowder, R. G., Auditory memory, in: McAdams, S. & Bigand, E. (Eds.): *Thinking in sound, The Cognitive Psychology of human audition*, Oxford: Clarendon Press, 1993.
- Dale, E., *Audio-visual methods in teaching*, New York: Dryden Press, 1946.
- Engelkamp, J., *Das menschliche Gedächtnis: Das Erinnern von Sprache, Bildern und Handlungen*, Verlag für Psychologie, Göttingen, 1990, S. 8.
- Engelkamp, J. & Zimmer, H.D., Unterschiede in der Repräsentation und Verarbeitung von Wissen in Abhängigkeit von Kanal, Reizmodalitäten und Aufgabenstellung, in: Böhme-Dürr, K., Emig, J. & Seel, N. (Hrsg.), *Wissensveränderung durch Medien*, München: Saur, 1990, S. 84 - 97.
- Grimm, H. & Engelkamp, J., *Sprachpsychologie*, Berlin: E. Schmidt, 1981.
- Hasebrook, Dissertation.
- Hasebrook, J., *Multimedia-Psychologie, Eine neue Perspektive menschlicher Kommunikation*, Heidelberg, u.a.: Spektrum Akademischer Verlag GmbH, 1995, S. 64.
- Holding, D. H., Fatigue, in: Hockey, G.R.J. & Hamilton, P. (Ed.), *Stress and fatigue in hu-*

- man performance, Chichester: Wiley, 1983, S. 149-167.
- Hornung, C., PC-basierte Multimedia-Systeme, in: Glowalla U., Engelmann, E. & Rossbach, G., Multimedia '94, Grundlagen und Praxis, Berlin, 1994, S. 2.
- Issing, S. 198.
- Kerres, M., Software-Engineering für multimediale Teachware, in: Seidel, C. (Hrsg.), Computer Based Training, Göttingen: Hogrefe, 1993. S. 87 - 102.
- Kozma, R. B., Learning with Media, in: Review of Educational Research, 61 (2), 1991, S. 179 - 211.
- Levie, W.H. & Dickie, K.E., The analysis and application of media, in: Travers, R.M.W. (Ed.), Second handbook of research on teaching, Chicago: Rand Mc Nally, 1973.
- Levie, W. H. & Lentz, R., Effects of text illustrations: A review of research, Educational Communication and Technology Journal, 30, 1982, S. 195 - 232.
- Levin, J. R., Anglin, G. J. & Carney, R. N., On empirically validating functions of pictures in prose, in: Willows, D. W. & Houghton, H. A. (Eds.), The Psychology of illustration, Vol. I, Basic research, New York: Springer Verlag, 1987, S. 51-85.
- Macromedia, Inc., Director for Macintosh, Learning Director, Version 4, 1994.
- Macromedia, Inc., Director for Macintosh, Lingo Dictionary, Version 4, 1994.
- Macromedia, Inc., Director for Macintosh, Using Lingo, Version 4, 1994.
- Merrill, M.D., Component Display Theory, in: Reigeluth, C.M. (Ed.), Instructional-design theories and models. An overview of their current status, Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1983.
- Merrill, M.D., Applying Component Display Theorie to the design of courseware, in: Jonassen, D.H. (Ed.), Instructional designs for microcomputer courseware, Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1988, S. 61-95.
- Moore, D. W. & Readance, J. E., A quantitative and qualitative review of graphic organizer research, Journal of Educational Research, 78, 11-17, 1984.
- Morrison, D. L. & Duncan, K. D., The effect of scrolling, hierarchically paged displays and ability on fault diagnosis performance, Ergonomics, 31, 1988, S. 889 - 904.
- Nasser, D.L. & McEwen, W.J., The impact of alternative media channels: Recall and involvement with messages, in: Audiovisual Communication Review, 26, 1976, S. 263-272.
- Nugent, G.C., Pictures, audio, and print: Symbolic representation and effect on learning, ECTJ, 30, 1982, S. 163-174.

- Paechter, M., Auditive und visuelle Texte in Lernsoftware: Herleitung und empirische Prüfung eines didaktischen Konzepts zum Einsatz auditiver und visueller Texte in Lernsoftware, Münster, u.a.: Waxmann, 1996.
- Paivio, A., Mental Representations, A Dual Coding Approach, Oxford, u.a.: Oxford University Press, Inc., 1986, S. 53 - 83.
- Peeck J., Wissenserwerb mit darstellenden Bildern, in: Weidenmann, B. (Hrsg.), Wissenserwerb mit Bildern, Instruktionale Bilder in Printmedien, Film/Video und Computerprogrammen, Bern, u.a.: Verlag Hans Huber, 1993, S. 59 - 94.
- Penney, C.G., Modality effects in delayed free recall and recognition: Visual is better than auditory, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41A, 1989, S. 455 - 470.
- Pettersson R., Visual Literacy und Infologie, in: Weidenmann, B. (Hrsg.), Wissenserwerb mit Bildern, Instruktionale Bilder in Printmedien, Film/Video und Computerprogrammen, Bern, u.a.: Verlag Hans Huber, 1993, S. 215.
- Pollack, I. & Pickett, J. M., The intelligibility of excerpts from fluent speech: auditory vs. structural context, *Language and Speech*, 6, 1964, S. 151-165.
- Reigeluth, C.M., Lesson blueprints based on the Elaboration Theory of instruction, in: Reigeluth, C.M. (Ed.), *Instructional theories in action*, Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1987, S. 245-288.
- Reigeluth, C.M. & Stein, F.S., The Elaboration Theory of instruction, in: Reigeluth, C.M. (Ed.), *Instructional-design theories and models, An overview of their current status*, Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1983, S. 335 - 381.
- Roland, P. E. & Friberg, L., Localization of cortical areas activated by thinking, *Journal of Neurophysiology*, 53, 1995, S. 1219 - 1243.
- Salomon, G., Television is „easy“ and print is „tough“: The differential investment of mental effort in learning as a function of perceptions and attributions, *Journal of Educational Psychology*, 76, 1984, S. 647-658.
- Schott, F., Kemter, S. & Seidl, P., Instruktionstheoretische Aspekte zur Gestaltung von multimedialen Lernumgebungen, in: Issing, L., J. & Klimsa (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia*, Weinheim: Psychologie-Verl.-Union, 1995, S. 179.
- Van Nes, F.L., Multimedia workstations for the office, *IPO Annual Progress Report*, 23, 1988, S. 104-111.
- Weidenmann, B., Instruktionsmedien, in: *Arbeiten zur Empirischen Pädagogik und Pädagogischen Psychologie*, Gelbe Reihe, Nr. 27, München: Universität der Bundeswehr, 1993, S. 29.
- Weidenmann, B., Informierende Bilder, in: *Arbeiten zur Empirischen Pädagogik und Pädagogischen Psychologie*, Gelbe Reihe, Nr. 29, München: Universität der Bundeswehr, 1993, S. 2.

Weidenmann, B., Multimedia, Multicodierung und Multimodalität im Lernprozeß, in: Arbeiten zur Empirischen Pädagogik und Pädagogischen Psychologie, Gelbe Reihe, Nr. 33, München: Universität der Bundeswehr, 1995, S. 1 ff.

Wright, P. & Lickorisch, A., Colours cues as location aids in lengthy texts on screen and paper, Behaviour and Information Technology, 7, 1988, S. 11-30.

Zimmer Huber D., Von Repräsentation, Modalitäten und Modulen, in: Engelkamp J., Pechmann T., Mentale Repräsentation, 1993, S. 99.

Danksagung

Besonders möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Dr. H. Krueger bedanken, der mir die Möglichkeit gab, diese Diplomarbeit am Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETH Zürich zu schreiben und ich somit Einblick in sehr interessante Forschungsaktivitäten bekam.

Besonderer Dank auch an Prof. Dr. Reinhard Keil-Slawik für seine Bereitschaft, diese Diplomarbeit zu betreuen.

Ein großes Dankschön geht an Dr. Sissel Guttormsen Schär für dieses Thema, wofür ich großes Interesse hegte und meine Begeisterung dafür bis dato angehalten hat. Auch möchte ich mich für ihre hervorragende Betreuung und Unterstützung bedanken.

Weiterer besonderer Dank auch an Harald Selke, der von seitens meiner Heimatuniversität Paderborn mir mit wertvollen Anregungen beigestanden hat.

Bedanken möchte ich mich bei den beiden Klassenlehrern Christoph Hofer und Kurt Werren, die für das durchgeführte Experiment unkompliziert und unbürokratisch ihre Schüler zur Verfügung gestellt haben.

Des weiteren ein Dank an Dr. Fred Voorhorst, der mir bei diversen Macintosh-Problemen behilflich war und mir gute Tips bei der Programmierung mit Director von Macromedia gab.

Am Ende möchte ich der Gruppe MIMI (Man-Intermediate-Machine-Interaction) dafür danken, daß sie mir für die Dauer dieser Diplomarbeit eigens ein Büro mit einer hervorragenden Sicht auf die Stadt Zürich zur Verfügung gestellt hat und für die angenehme und produktive Arbeitsumgebung.

Erklärung

Hiermit erkläre ich, daß ich die hier vorliegende Diplomarbeit in selbstständiger Arbeit angefertigt habe. Ich habe keine Quellen, außer den im Text kenntlich gemachten, verwendet.

Johannes Kaiser, im Januar 1999.